Aus der Universitäts-Kinderklinik und Kinder-Poliklinik Würzburg
Direktor: Professor Dr. Dr. h. c. J. Ströder

DER EINFLUSS DER HÖHE DES DRUCKS IM LUNGENKREISLAUF UND DER GRÖSSE DES SHUNTVOLUMENS AUF DEN POSTOPERATIVEN VERLAUF BEIM PERSISTIERTEN DUCTUS ARTERIOSUS BOTALLI

Inaugural-Dissertation
verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Hans Hiernickel
aus Bamberg

Würzburg, den 16. Dezember 1980

1981

Aus der Universitäts-Kinderklinik und Kinder-Poliklinik Würzburg
Direktor: Professor Dr. Dr. h. c. J. Ströder

DER EINFLUSS DER HÖHE DES DRUCKS IM LUNGENKREISLAUF UND DER GRÖSSE DES SHUNTVOLUMENS AUF DEN POSTOPERATIVEN VERLAUF BEIM PERSISTIERTEN DUCTUS ARTERIOSUS BOTALLI

Inaugural-Dissertation
verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Hans Hiernickel
aus Bamberg

Würzburg, den 16. Dezember 1980

Referent: Professor Dr. K. Sandhage
Korreferent: Professor Dr. Dr. h. c. J. Ströder
Dekan: Professor Dr. K. H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 22.5.1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

MEINEN ELTERN

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	EINLEITUNG	1
II.	EINFÜHRUNG	2
	1. DEFINITION	2
	2. ANATOMIE	2
	3. PHYSIOLOGIE	3
	4. PATHOPHYSIOLOGIE	4
III.	LITERATURÜBERSICHT UND FRAGESTELLUNG	6
IV.	UNTERSUCHUNGSGUT UND METHODEN	1o
V.	ERGEBNISSE	17
	1. HÄUFIGKEIT	18
	2. GESCHLECHTSVERTEILUNG	18
	3. OPERATIONSMORTALITÄT	19
	4. GRUPPENEINTEILUNG	19
	5. ALTERSVERTEILUNG	23
	6. ANAMNESE	26
	7. KÖRPERLICHE ENTWICKLUNG	28
	8. BESCHWERDEN	35
	9. RÖNTGENBEFUNDE	41
	1o. EKG-BEFUNDE	51
VI.	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	54
VII.	ZUSAMMENFASSUNG UND INTERPRETATION	71
VIII.	LITERATURVERZEICHNIS	I

I. EINLEITUNG

An der Universitätskinderklinik Würzburg wurden in der Zeit vom Jahre 1966 bis zum Jahre 1977 796 Herzkatheteruntersuchungen durchgeführt. Bei 69 Kindern konnte ein Ductus arteriosus Botalli persistens nachgewiesen werden. In 47 Fällen lag die isolierte Form vor.

Sofern es gelingt, einen Ductus arteriosus Botalli frühzeitig zu diagnostizieren, wird die Diagnose mit der Operationsindikation gleichgesetzt. Das Ziel dieser Behandlung ist es, den Herzfehler zu beseitigen, um die drohenden sekundären Veränderungen im kleinen Kreislauf und am Herzen zu verhindern.

Diese Forderung kann nur erfüllt werden, wenn zum Zeitpunkt der Operation Begleitkomplikationen, wie z. B. pulmonaler Hochdruck, nicht bestehen. Sind diese jedoch vorhanden, so ist das Resultat der chirurgischen Behandlung unter Umständen lediglich die Überführung eines schweren kongentialen Vitiums in eine leichtere Form. Falls es schon zu einer Shuntumkehr gekommen ist, ist eine Operation kontraindiziert. Der Patient kann nicht mehr kausal behandelt werden.

Es ist daher von besonderem Interesse Kinder, die an einem Ductus arteriosus Botalli persistens leiden, so frühzeitig zu erfassen und zu operieren, daß sich keine sekundären Veränderungen einstellen können. Folglich stellten sich die Fragen: mit welchen Beschwerden und Befunden kommen Patienten mit einem Ductus Botalli persistens zum Arzt in die Sprechstunde, wie ist die körperliche Entwicklung dieser Kinder und welche prognostische Bedeutung kommt den einzelnen Beschwerden und Befunden zu. Die folgende Arbeit versucht diese Fragen zu beantworten.

II. EINFÜHRUNG

1. DEFINITION

" Der Ductus arteriosus Botalli persistens ist eine angeborene Gefäßanomalie, die auf dem Persistieren der im embryonalen Leben zur Umgehung des Lungenkreislaufs angelegten Gefäßverbindung zwischen der Pulmonalarterie und der Aorta beruht " (9).

Er kommt meist isoliert vor, oder aber kombiniert mit anderen Anomalien des Herzens und der großen Gefäße, wie dem Ventrikelseptumdefekt und der Aortenisthmusstenose.

2. ANATOMIE

Der Ductus arteriosus Botalli verbindet die Bifurkation der Pulmonalarterie mit der Aorta unterhalb des Isthmus aortae.

Nach LOOGEN und Mitarbeiter (9) werden folgende Ductusformen unterschieden:

1) Zylinderform: Der Ductus ist zylindrisch oder sanduhrförmig und selten länger als 2 cm.
2) Trichterform: Meist ist der Ductus an der aortalen Seite weiter als an der pulmonalen.
3) Fenstertyp: Es besteht kein eigentlicher Gang mehr. Die großen Schlagadern werden nur durch eine weite fensterartige Öffnung verbunden.

Der äußere Durchmesser des Ductus in situ beträgt durchschnittlich 1o mm, die Länge durchschnittlich 8 mm. In praktisch allen Fällen ist der äußere Durchmesser größer

als die Länge (95).

3. PHYSIOLOGIE

a) Pränatale Funktion

Der Ductus arteriosus Botalli persistens ist ein wesentlicher Bestandteil des Fetalkreislaufs. Infolge des hohen Gefäßwiderstandes im kleinen Kreislauf wird über ihn ein großer Teil des Blutes aus dem rechten Ventrikel, unter Umgehung der noch nicht funktionsfähigen Lungen, in die Aorta geleitet (9).

b) Der Ablauf des Verschlusses

Der Ductusverschluß wird durch den postpartalen Abfall des Lungengefäßwiderstands und besonders durch den Anstieg der arteriellen Sauerstoffkonzentration bewirkt (19, 61).

Dieser Verschluß läuft in 3 Phasen ab (6):

1. Phase: In den letzten Fetalwochen erfolgt die vorbereitende Engerstellung des Ductus mit einer Umwandlung der Ductuswand im inneren Mediadrittel.
2. Phase: Nach der Geburt beginnt der funktionelle Verschluß des Ductus durch eine spastisch reflektorische Kontraktion (6). Bei Schafen erfolgt der Beginn des funktionellen Ductusverschlusses in einem Zeitraum von 1o bis 15 Minuten nach der Geburt, wird jedoch erst Tage später vollständig (19).
3. Phase: Im Anschluß an die 2. Phase entwickelt sich durch Ausbildung obliterierender Gefäßwucherungen ein anatomischer Verschluß (6). Ein endgültiger anatomischer Verschluß wird erst mehrere Monate nach der Geburt erreicht (62).

4. PATHOPHYSIOLOGIE

Je nach Größe des Ductus arteriosus Botalli persistens lassen sich unterschiedliche Veränderungen im großen und kleinen Kreislauf feststellen:

Kleiner Ductus:
Durch den hohen Gefäßwiderstand des Ductus bedingt (lange und schmale Gefäßstrecke), besteht eine signifikante Druckdifferenz zwischen kleinem und großem Kreislauf. Es entwickelt sich ein Li-Re-Shunt. Die Veränderungen in den Lungengefäßen sind gering.

Ductus mittlerer Größe:
Ductuslänge und -durchmesser verursachen einen mittleren bis geringen Widerstand. Es entsteht ein mittlerer bis großer Li-Re-Shunt. Bei der Mehrzahl der Patienten kommt es trotz einer Vergrößerung des Lungenzirkulationsvolumens nicht zu einer Druckerhöhung in der Pulmonalarterie. Der Grund hierfür liegt in der Abnahme des Gesamtwiderstands des kleinen Kreislaufs trotz Zunahme des Lungenzirkulationsvolumens bis zu einem kritischen Wert. Dies wird durch die Eröffnung von Reservekapillaren und die Dehnbarkeit der Lungengefäße erreicht (9). Den kritischen Grenzwert für dieses Lungenstromvolumen geben DEXTER und Mitarbeiter (2o) mit

$$1o \ \frac{1}{\text{min} \times m^2} \ \text{an.}$$

Großer Ductus:
Ein großer Ductus führt infolge seines sehr geringen Widerstands zu einem Druckangleich zwischen kleinem und großem Kreislauf. Die Shuntgröße und -richtung hängt hierbei nur vom

Verhältnis der Widerstandswerte im kleinen und großen Kreislauf ab (2o).

a) So herrscht in der Lunge anfänglich ein geringer Gefäßwiderstand, der einen sehr großen Li-Re-Shunt zur Folge hat.
b) Der für die Lungengefäße zu hohe Druck induziert allmählich über eine zunehmende Intimaveränderung und fortschreitende Mediahypertrophie eine Pulmonalsklerose. Die Folge davon ist ein Anstieg des Lungengefäßwiderstands. Das Shuntvolumen wird immer geringer. Erreicht der Lungengefäßwiderstand den systemischen Widerstanswert, so findet kein Shunt mehr statt.
c) Übersteigt der Widerstand des Lungengefäßsystems den Widerstand des großen Kreislaufs, so bildet sich ein Re-Li-Shunt aus.

III. LITERATURÜBERSICHT UND FRAGESTELLUNG

Seit der ersten erfolgreichen Operation eines Ductus arteriosus Botalli durch GROSS und HUBARD (42) erschienen zahlreiche Berichte zur Operationsindikation (15, 31, 4o, 5o, 68). Übereinstimmend wird die Diagnose eines persistierenden Ductus arteriosus Botalli mit der Operationsindikation gleichgesetzt. Die einzige Kontraindikation liegt vor, wenn es schon zu einem Druckangleich oder aber zu einer Shuntumkehr gekommen ist.

Nach GRAHAM, BONHARN-CARTER, WATERSTON und ABERDEEN sind operative Todesfälle nur dann zu befürchten, wenn noch andere schwere Anomalien vorliegen (4o).

OTHSUBO, AMAKO, NISHIMURA und AKITA (72) berichteten über die Operationen (" Multible Suture Ligation ") von 143 Patienten mit einem offenen Ductus arteriosus Botalli, wobei nur 1 Patient verstarb.

Im Krankengut von PANAGOUPOULOS, TATOOLES, ABERDEEN, WATERSTON und CARTER (74) verstarben von 789 operierten Säuglingen 11 Patienten (1. 39 %). Bei keinem der 3o2 Patienten, bei denen innerhalb von 5 Jahren nach der Operation eine Herzkatheteruntersuchung durchgeführt wurde, konnte eine Aneurysmablutung nachgewiesen werden.

LUCHT und SØNDERGAARD (65) berichteten über 7o Patienten mit isoliertem Ductus arteriosus Botalli. Innerhalb des postoperativen Behandlungszeitraums verstarb keiner der Patienten. 2 Kinder erkrankten postoperativ an einem nicht näher bezeichneten organischen Herzleiden. Bei Kindern mit einem pulmonalen

Hochdruck, die vor dem 2. Lebensjahr operiert wurden, erreichte der Druck in der Pulmonalarterie nach der Operation den Normbereich.

GROVER, SWAN II und MAASKE (45) setzten sich ausführlich mit den durch die Operation bedingten Druckveränderungen im großen und kleinen Kreislauf auseinander. Sie kamen unter anderem zu folgendem Ergebnis: Unmittelbar nach der Operation sinkt der Mitteldruck in der Pulmanalarterie um durchschnittlich 11 mmHg; der Mitteldruck in der Aorta steigt um durchschnittlich 9. 5 mmHg.

Fast alle Patienten von GERSONY und KRONGARD (38) lagen postoperativ im wesentlichen im Normbereich. Nur einige wenige entwickelten behandlungsbedürftige Spätkomplikationen.

Den Zustand und die Behandlung von Frühgeborenen mit einer Ductus Botalli bedingten Ateminsuffizienz beschrieben HORSLEY, LERBERG, ALLEN, ZUBERBUHLER und BAHNSON (51) anhand von 13, KILLMAN, KAKOS, WILLIAMS Jr., CRAENEN Jr. und HOSIER (56) anhand von 12 und GAY, DAILY, MEYER, TRUMP, CLOUD und MOLTHAN (37) anhand von 45 Säuglingen. Das durchschnittliche Geburtsgewicht dieser Patienten betrug je nach Untersuchergruppe 1o4o g, 1246 g bzw. 14oo g. Diese Autoren wiesen nach, daß nur die frühzeitig durchgeführte Operation eine bronchopulmonale Ateminsuffizienz, die Haupttodesursache dieser Kinder, verhindern kann.

Folgende Autoren beschäftigten sich mit Ductus arteriosus Botalli persistens Patienten, die einen Hochdruck in der Lungenstrombahn besaßen: OPHERK, BOTH, HAERTEN und LOOGEN (73) operierten 29 Patienten mit einem erhöhten Wiederstand im Lungenkreislauf in einem Durchschnittsalter von 14 Jahren.

Sie kamen zu dem Schluß, daß mit der Zunahme des Widerstands im kleinen Kreislauf die Chance einer vollständigen Heilung abnimmt und das Risiko einer postoperativen Verschlechterung zunimmt.

GAMMELGARD, SOLEM, THERKELSEN und BOESEN (36) beobachteten 31 Patienten mit einem Hochdruck in der Lungenstrombahn über 1 bis 8 Jahre. Fast alle Kinder erreichten einen normalen Herzlungenquotienten und einen mehr oder weniger normalen Druck im Lungenkreislauf. Bei Patienten, die in einem höheren Lebensalter operiert wurden, sank der Pulmonalarteriendurck selbst nach vielen Jahren nicht auf normale Werte.

REID, STEVENSON, COLEMAN, BARCLAY, WELSH, FYFE und INALL (77) operierten 15 Patienten mit einem erhöhten Druck im kleinen Kreislauf. 13 Patienten waren nach der Operation körperlich voll belastbar und symptomfrei. Bei 2 Kindern ging der pulmonale Hochdruck selbst nach mehreren Jahren nicht zurück.

KROVETZ und WARDEN (54 / 55) untersuchten 515 bzw. 72 Patienten auf Untergewicht vor und nach der Operation. Sie stellten einen direkten Zusammenhang dar, zwischen einerseits dem Untergewicht und andererseits dem Schweregrad des Ductus arteriosus Botalli persistens und zusätzlichen Herzanomalien und nicht vom Herzen ausgehenden Störungen.

ROSENTHAL und CASTANEDA (79) fanden eine Wachstumsretardierung in Abhängigkeit von der Schwere des vorliegenden Ductus Botalli persistens.

FREY und KUETGENS(35)beschrieben die Ergebnisse der

Ductus arteriosus Botalli persistens Operation, wie Zunahme der Leistungsfähigkeit und des Gewichts, Anstieg der diastolischen Blutdruckwerte und Abnahme der Hiluspulsationen und der Häufigkeit von Endocarditiden.

Zu den selben Ergebnissen führten die Untersuchungen von GROSS (44). Weiterhin beobachtete er, wie LYNXWYLER und WELLS (66), einen Rückgang der röntgenologischen Herzverbreiterung nach der Operation.

An Hand des eigenen Krankengutes wollten wir überprüfen, welchen Einfluß das Alter bei der Operation auf den postoperativen Heilungsablauf hat und in welchem Ausmaß vor und nach der Operation die körperliche Entwicklung, die Beschwerden und die Befunde der Patienten mit der Höhe des Drucks im Lungenkreislauf und mit der Größe des Shuntvolumens korrelieren.

IV. UNTERSUCHUNGSGUT UND METHODEN

Im Beobachtungszeitraum von Mitte 1966 bis Anfang 1977 wurde bei 69 kardiologischen Patienten der Universitätskinderklinik Würzburg, d.h. bei 8.7 % aller Kinder mit angeborenem Herzfehler, die Diagnose eines Ductus arteriosus Botalli persistens gestellt. Bei 68 Patienten wurde die Diagnose mittels Herzkatheteruntersuchung bestätigt; bei einem Mädchen wurde auf die Herzkatheteruntersuchung verzichtet.

Von diesen 69 Patienten litten 21 (3o.4 %) an einem zusätzlichen Herzvitium. Dies waren insbesonders der Ventrikelseptumdefekt und die Aortenisthmusstenose. Die Eltern einer Patientin ließen ihr Kind gegen ärztlichen Rat nicht operieren. Weitere 7 Patienten konnten in die Untersuchung nicht mit einbezogen werden, da sie entweder nach Stellung der Diagnose nicht zur weiteren ärztlichen Betreuung erschienen, nicht regelmäßig an den Kontrolluntersuchung teilnahmen oder aber unbekannt verzogen waren.

Somit standen 4o Kinder mit einem isolierten Ductus arteriosus Botalli, der operativ verschlossen wurde, für die Auswertung zur Verfügung.

Diese Kinder wurden 4 mal untersucht. Die erste Untersuchung (n_o) fand unmittelbar vor der Operation statt. Die erste postoperative Untersuchung (n_1) wurde 2 Monate nach der Operation, die zweite (n_2) ungefähr 6 Monate und die dritte (n_3) rund 2 Jahre nach der Operation durchgeführt.

Erfragt wurden während der Erstuntersuchung Familienanamnese, Störungen während der Schwangerschaft und während der Geburt und das Geburtsgewicht. Der körperliche und geistige Entwick-

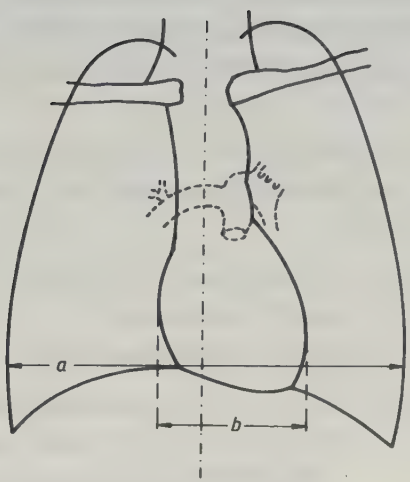

Abb. 1: Der Herzlungenquotient$_1$ (CTR_1) im pa-Röntgenbild.

$$CTR_1 = \frac{b}{a}$$

lungszustand der Patienten wurde ermittelt.

Prae- und postoperativ erhoben wir bei jeder Untersuchung eine Anamnese über Befinden, Leistungsfähigkeit, Infektanfälligkeit und interkurrente Erkrankungen der Patienten. Es wurden der körperliche Entwicklungszustand an Hand von Größe und Gewicht und die klinischen Befunde festgestellt.

Da die Normgrößen und Normgewichte altersabhängig sind, rechneten wir die tatsächlichen Größen und Gewichte der Patienten in % der Größen- bzw. Gewichtsnorm um. Diese Werte wurden mit Hilfe der Somatogramme für Mädchen und Jungen vom Forschungsinstitut für Kinderernährung in Dortmund bestimmt.

Bei jeder Untersuchung wurde eine Röntgenaufnahme des Thorax p.a. und seitlich angefertigt und nach folgenden Kriterien ausgewertet:

1) Messungen: a) pa-Aufnahme: CTR_1 (Cardio-thoracic-ratio); (Abbildung 1).
b) seitliche-Aufnahme: CTR_2.

2) Bewertungen: a) pa-Aufnahme: Gefäßzeichnungen-Hilus, Gefäßzeichnungen-peripher, Herzgröße, MCL (Medioclavicularlinie), Herzform, Vorwölbung PA (Pulmonalarterie), Gefäßband.
b) seitliche-Aufnahme: Herzgröße, Anliegen an der vorderen Thoraxwand, Retrocardialraum, Ösophaguspassage.

Entsprechend dem angelsächsichen Gebrauch wurde der CTR_1 als Quotient des größten seitlichen Herzdurchmessers durch den größten seitlichen Lungendurchmesser definiert (Abbildung 1).

Der CTR_2 wurde als Quotient des größten sagittalen Herzdurchmessers durch den größten sagittalen Lungendurchmesser definiert.

Die Grenzen für den Normbereich des Herzlungenquotienten$_1$

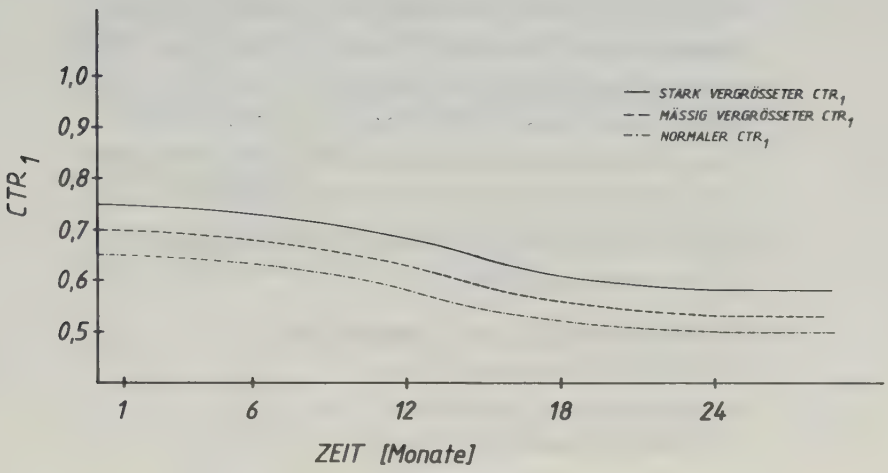

Abb. 2: Bestimmungskurve für den Norm-CTR_1 für Kinder unter 2 Jahren nach BRODEUR (13) und UMANSKY und HAUCK (97).

wurden nach UMANSKY und HAUCK (97) ermittelt. Demnach ergab sich für die über 2-jährigen ein Norm CTR_1 von kleiner gleich o. 53; für einen leicht erhöhten CTR_1 ein Wert zwischen größer o. 53 und kleiner gleich o. 58; für einen stark erhöhten CTR_1 ein Wert größer o. 58. Für Kinder unter 2 Jahren mußte dabei wegen der physiologisch größeren Herzbreite eine Um-

rechnung erfolgen, die nach BRODEUR (13) und UMANSKY und HAUCK (97) vorgenommen wurde (Abbildung 2).

Bei der Bestimmung der Herzlungenquotienten ergaben sich einige in der Methodik der Röntgenbildaufnahmen begründete Ungenauigkeiten. Ein exakter Vergleich verschiedener Röntgenaufnahmen von einer Person, läßt sich nur mit Hilfe von herzphasen- und atemgesteuerter Aufnahmen erreichen. Für unsere Anforderungen lieferte jedoch die übliche Röntgenbildaufnahmetechnik ausreichend brauchbare Ergebnisse.

Für die Bewertung der Röntgenbilder wurden folgende 4 Bewertungsstufen eingeführt:

n ≙ normal = keine Veränderungen (o. oo);
l ≙ leichte Veränderungen (1. oo);
m ≙ mäßig starke Veränderungen (2. oo);
s ≙ starke Veränderungen (3. oo).

Ebenfalls wurde prä- und postoperativ bei jeder Untersuchung ein EKG abgeleitet und nach folgenden Kriterien ausgewertet:

1) Rhythmus;
2) Überleitungszeit;
3) Lagetyp;
4) Breite des Kammerkomplexes;
5) Hypertrophiezeichen.

Präoperativ führten wir bei jedem Patienten eine Herzkatheteruntersuchung durch. Nach den dabei gewonnenen Meßergebnissen teilten wir die Patienten einmal in 3 Gruppen (1 bis 3) nach steigendem Druck im Lungenkreislauf und einmal in 3 Gruppen (a bis c) nach steigendem Shuntvolumen ein.

Gruppeneinteilung nach steigendem Druck im Lungenkreislauf (Gruppe 1 bis 3): In der rechten und linken A. pulmonalis und in der Aorta wurden der diastolische und systolische Druck gemessen. Der jeweilige Mitteldruck errechnete sich wie folgt:

$$\text{Mitteldruck} = \frac{\text{p. systolisch} + 2\,\text{p. diastolisch}}{3}\ \text{mmHg};$$

(p.: Druck in mmHg);

In ansteigender Schwereform der Erkrankung sind den einzelnen Gruppen folgende Druckbereiche zugeordnet:

Gruppe 1 ≙ normale Druckverhältnisse: $\frac{\text{pulmonaler Mitteldruck}}{\text{aortaler Mitteldruck}} < 0.3$;

Gruppe 2 ≙ mäßig erhöhter Druck: $\frac{\text{pulmonaler Mitteldruck}}{\text{aortaler Mitteldruck}} = 0.3\text{-}0.7$;

Gruppe 3 ≙ stark erhöhter Druck: $\frac{\text{pulmonaler Mitteldruck}}{\text{aortaler Mitteldruck}} > 0.7$;

Gruppeneinteilung nach steigendem Shuntvolumen (Gruppen a bis c): Folgende Formeln wurden zur Berechnung des Li-Re-Shunts benötigt:

$$\text{Herzminutenvolumen} = \frac{\text{Sauerstoffaufnahme/min}}{\text{arteriovenöse } O_2\text{-Diff.}}\ \text{ml/min};$$

$$\text{Kleinkreislaufminutenvolumen} = \frac{O_2\text{-Verbrauch (ml/min)}}{(O_2\text{-Gehalt V. pulm. (Vol \%)} - O_2\text{-Gehalt A. pulm. (Vol \%))} \times 10}\ \text{l/min};$$

Großkreislaufminutenvolumen =

$$\frac{\dot{O}_2\text{-Verbrauch (ml/min)}}{(O_2\text{-Gehalt A. fem. (Vol \%)} - O_2\text{-Gehalt V. cava(Vol \%))} \times 1o} \text{ l/min;}$$

Li-Re-Shunt =

Kleinkreislaufminutenvolumen - Großkreislaufminutenvolumen (l/min);

Den Gruppen a bis c wurden folgende Shuntbereiche zugeordnet:

Gruppe a $\triangleq$ kleiner Shunt: Shunt $<$ 3o % des Kl. MV.;

Gruppe b $\triangleq$ mittlerer Shunt: 3o % $\leq$ Shunt $<$ 5o % des Kl. MV.;

Gruppe c $\triangleq$ großer Shunt: Shunt $\geq$ 5o % des Kl. MV.;

(Kl. MV. = Kleinkreislaufminutenvolumen).

V. ERGEBNISSE

Nr.	Initialen und Geschlecht	Druck in der re. und li. PA mmHg	Druck in der Aorta mmHg	p. PA p. A	HMV l/min	Shunt Li-Re l/min	Shunt in % PA-MV %
o1	B.G. m	22/11	1o5/8o	o. 2o	8.4	2.1	25.o
o2	B.U. m	2o/1o	11o/7o	o.16	7.4	2.9	39.2
o3	B.H. m	22/12	9o/6o	o. 22	8.5	1.7	2o.o
o4	E.M. m	17/12	95/7o	o.17	8.7	4.o	46.o
o5	G.S. w	24/12	95/5o	o. 25	4.2	1.5	35.7
o6	H.H. m	55/35	9o/46	o. 69	18.6	14.5	78.5
o7	H.S. w	38/2o	11o/75	o. 3o	4.2	1.7	4o.5
o8	H.A. w	16/o8	9o/5o	o.17	8.5	3.7	43.5
o9	K.G. w	22/15	12o/8o	o.19	4.o	1.1	27.5
1o	K.E. w	6o/3o	9o/4o	o. 71	5.7	3.9	68.4
11	K.K. m	16/o8	11o/6o	o.14	8.8	3.o	34.1
12	M.A. w	2o/15	9o/4o	o. 29	9.1	6.8	74.6
13	N.A. w	3o/15	11o/7o	o. 24	9.9	6.2	62.7
14	R.U. m	35/2o	75/55	o. 41	4.6	2.4	5o.o
15	R.A. m	25/15	12o/8o	o. 2o	4.3	1.3	3o.2
16	R.M. m	23/14	12o/7o	o. 2o	7.1	2.8	39.5
17	R.T. m	24/12	1oo/6o	o. 22	4.9	2.1	42.9
18	S.A. w	25/13	125/6o	o. 21	5.6	1.2	21.4
19	S.M. m	25/12	1oo/4o	o. 27	6.4	3.8	59.4
2o	S.D. w	24/12	1oo/7o	o. 2o	6.7	3.5	52.3
21	S.M. w	n	n	n	n	l	l
22	S.B. m	2o/1o	11o/6o	o.17	1o.1	4.o	39.6
23	S.D. m	15/1o	8o/6o	o.15	8.7	6.3	72.4
24	W.M. m	3o/15	1oo/55	o. 29	7.1	5.o	7o.4
25	W.M. m	45/3o	9o/4o	o. 62	3.o	2.1	7o.o
26	W.M. m	24/12	12o/7o	o.18	5.o	1.8	36.o
27	W.K. w	16/o8	11o/7o	o.13	6.3	3.2	5o.8
28	B.P. m	24/12	1oo/55	o. 23	8.3	3.7	44.4
29	F.J. m	28/15	12o/7o	o. 22	3.7	1.2	32.5
3o	K.W. m	2o/1o	13o/7o	o.15	6.5	2.6	4o.o
31	M.W. m	12o/55	12o/6o	o. 96	4.7	3.3	7o.3
32	M.M. m	25/15	12o/6o	o. 23	8.3	2.o	24.1
33	O.G. m	3o/2o	9o/6o	o. 33	4.5	2.6	57.8
34	P.K. m	2o/1o	9o/7o	o.17	5.6	3.1	55.4
35	R.M. m	2o/o8	1oo/55	o.17	2.o	o.5	25.o
36	T.K. m	65/3o	11o/8o	o. 46	3.9	1.6	41.o
37	W.R. m	27/15	115/5o	o. 27	4.3	1.5	34.9
38	W.G. m	25/1o	14o/8o	o.15	5.3	2.o	37.7
39	W.F. m	2o/12	9o/1o	o.19	18.o	5.6	31.1
4o	Z.M. m	25/1o	11o/75	o.17	7.o	2.6	37.1

Tab. I: Druckwerte im Lungenkreislauf und in der Aorta in mmHg, Quotienten von Mitteldruck im Kleinkreislauf zu Mitteldruck im Großkreislauf, Herzminutenvolumina und Shunt (Li-Re) in l/min und Shunt in % des Pulmonalarterienminutenvolumens. (w = weiblich, m = männlich, n = normaler Wert, l = leicht erhöhter Wert).

1. HÄUFIGKEIT

In einem Zeitraum von 1o Jahren wurde bei 69 kardiologischen Patienten der Universitätskinderklinik Würzburg ein persistierender Ductus arteriosus Botalli festgestellt. Dies entspricht einer Häufigkeit von 8.7 % aller Kinder mit angeborenem Herzfehler. In 48 Fällen (69.6 %) handelte es sich um die isolierte Form. Für diese Arbeit standen 4o Patienten zur Verfügung.

2. GESCHLECHTSVERTEILUNG

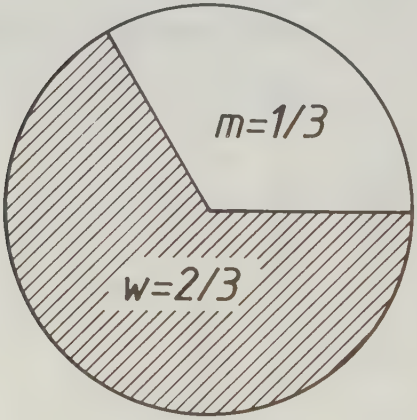

Abb. 3: Das Verhältnis der weiblichen zu männlichen Patienten mit isoliertem Ductus arteriosus Botalli persistens. (w = weibliche, m = männliche Patienten).

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, waren von den 4o Patienten mit isoliertem Ductus arteriosus Botalli 27 weiblich und 13 männlich. Das entspricht einem Verhältnis von weiblichen zu männlichen Patienten von etwa 2 : 1 (Abbildung 3).

3. OPERATIONSMORTALITÄT

Von den 4o untersuchten Patienten lebten zum Zeitpunkt der Anfertigung dieser Arbeit noch 39. Eine Patientin verstarb 43 Tage nach der Operation an einer abszedierenden Pneumonie mit anschließendem Herzversagen. Ihr Tod stand jedoch nicht mit der Gefäßoperation in Verbindung.

Folglich starb kein Patient an den direkten Folgen der Operation.

4. GRUPPENEINTEILUNG

Die für die vorliegende Arbeit, besonders für die Gruppeneinteilung, wesentlichen Daten aus der Herzkatheteruntersuchung sind in Tabelle 1 dargestellt.

GRUPPE	$\frac{\bar{p}.PA}{\bar{p}.A}$	ANZAHL DER PATIENTEN	SUMME
1	$0{,}00 < x < 0{,}30$	22 - w 10 - m	32
2	$0{,}30 \leq x \leq 0{,}70$	4 - w 2 - m	6
3	$0{,}70 < x$	1 - w 1 - m	2
SUMME		27 - w 13 - m	40

Tab. IIa: Einteilung der Patienten in 3 Gruppen (1 bis 3) nach steigendem Druck im Lungenkreislauf. (w = weibliche, m = männliche Patienten).

a) Die Gruppen 1 bis 3 wurden nach steigendem Quotienten

$\frac{\text{pulmonaler Mitteldruck}}{\text{aortaler Mitteldruck}}$ eingeordnet (Tabelle IIa):

Gruppe 1: 32 Patienten, 22 weibliche und 1o männliche, mit einem normalen Druck im Lungenkreislauf. Der Druckquotient $\frac{\text{Mitteldruck PA}}{\text{Mitteldruck A}}$ bewegte sich im Bereich zwischen

o.13 und o.29. Die Shuntvolumina reichten von 2o.o % bis 74.6 % des Pulmonalarterien-Minutenvolumens.

Gruppe 2: 6 Patienten, 4 weibliche und 2 männliche, mit einem mäßig erhöhtem Druck im Lungenkreislauf. Die Quotienten $\frac{\text{Mitteldruck PA}}{\text{Mitteldruck A}}$ lagen in einem Bereich zwischen o.3o und o.69. Die Shuntvolumina bewegten sich zwischen 4o.7 % und 78.5 % des Pulmonalarterien-Minutenvolumens.

Gruppe 3: 2 Patienten, 1 weiblicher und 1 männlicher, mit einem hohen Druck im Lungenkreislauf. Die Quotienten $\frac{\text{Mitteldruck PA}}{\text{Mitteldruck A}}$ betrugen o.71 bzw. o.96. Die Shuntvolumina hatten einen Anteil von 68.4 % bzw. 7o.4 % des Pulmonalarterien-Minutenvolumens.

GRUPPE	SUNTVOLUMEN [% PA-MV]	ANZAHL DER PATIENTEN	SUMME
a	$0 < x < 30$	4 - w 2 - m	6
b	$30 \leq x < 50$	12 - w 8 - m	20
c	$50 \leq x$	11 - w 3 - m	14
SUMME		27 - w 13 - m	40

Tab. IIb: Einteilung der Patienten in 3 Gruppen (a bis c) nach steigendem Shuntvolumen. (w = weibliche, m = männliche Patienten).

b) Die Gruppen a bis c wurden nach steigendem Shuntvolumen eingeordnet (Tabelle IIb):

Gruppe a: 6 Patienten, 4 weibliche und 2 männliche, mit einem kleinen Shuntvolumen (2o. o % bis 27. 5 % des PA-MV). Die Druckquotienten $\frac{\text{Mitteldruck PA}}{\text{Mitteldruck A}}$ lagen in einem Bereich von o. 17 bis o. 23.

Gruppe b: 2o Patienten, 12 weibliche und 8 männliche, mit einem mittelgroßen Shuntvolumen (3o.2 % bis 46.o % des PA-MV). Die Quotienten $\frac{\text{Mitteldruck PA}}{\text{Mitteldruck A}}$ reichten von o.14 bis o.46.

Gruppe c: 14 Patienten, 11 weibliche und 3 männliche mit einem großen Shuntvolumen (5o.8 % bis 78.5 % des PA-MV). Die Quotienten $\frac{\text{Mitteldruck PA}}{\text{Mitteldruck A}}$ erstreckten sich von o.13 bis o.96.

5. ALTERSVERTEILUNG

Das Alter bei Diagnosestellung, Herzkatheteruntersuchung und Operation wurde erfaßt.

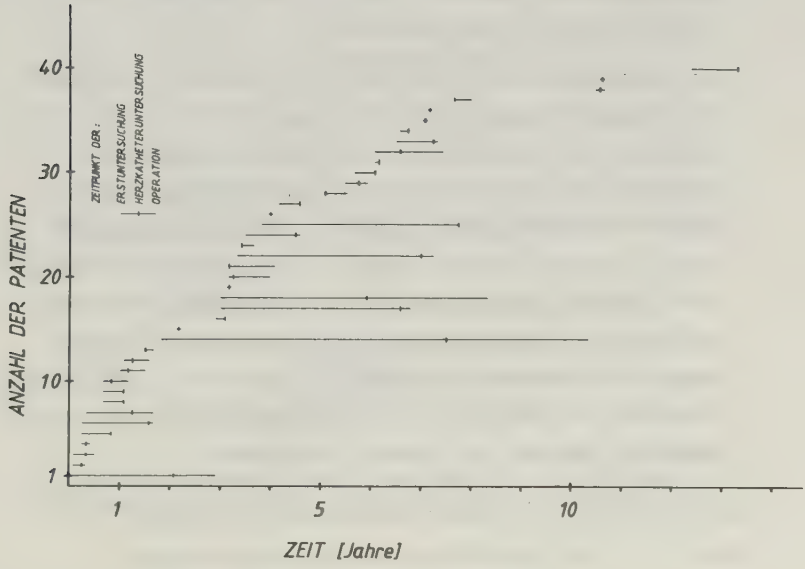

Abb.4: Das Alter bei Diagnosestellung, Herzkatheteruntersuchung und Operation.

Die Erstuntersuchung fand bei 11 Patienten schon innerhalb ihres 1. Lebensjahres statt; 16 weitere wurden zwischen dem 1. und 5. Lebensjahr untersucht, 1o zwischen dem 5. und 1o. Lebensjahr (Abbildung 4). Das durchschnittliche Alter bei der Diagnosestellung betrug 3.6 Jahre. Die Herzkatheteruntersuchung fand im Schnitt 1o Monate später statt. Bei 21 Kindern wurde die Herzkatheteruntersuchung schon innerhalb von 2 Monaten nach der Erstuntersuchung durchgeführt, bei weiteren 12 Patienten innerhalb der auf die Diagnosestellung folgenden 1o Monate. Im Schnitt 6 Monate nach der Herzkatheteruntersuchung wurden die Patienten mit einem Durchschnittsalter von 4.1o Jahren operiert. Der jüngste Patient war zu diesem Zeitpunkt 5 Monate, der älteste 13.4 Jahre alt. 7 Kinder wurden schon innerhalb eines Monats nach der Erstuntersuchung operiert, 17 weitere innerhalb des 1. bis 6. Monats nach der Diagnosestellung.

Im Hinblick auf die Höhe des Drucks im Lungenkreislauf (Gruppen 1 bis 3) fanden sich folgende Ergebnisse: Je geringer der Druck im Lungenkreislauf, desto höher war das Alter bei der Erstuntersuchung, Die Patienten der Gruppe 1 waren zu diesem Zeitpunkt durchschnittlich 4.3 Jahre alt, die der Gruppe 2 2.1 Jahre und die der Gruppe 3 3.5 Monate. Ebenso nahm in dieser Reihenfolge der Zeitraum von der Erstuntersuchung bis zur Herzkatheteruntersuchung ab (9.5 Monate, 3.o Monate, 6.o Monate (nur 2 Patienten)), sowie auch der Zeitraum von der Erstuntersuchung bis zur Operation (11.8 Monate, 4.2 Monate, o.9 Monate).

Im Hinblick auf die Größe des Shuntvolumens

Nr.	Initialen und Geschlecht		Besonderheiten in der Familienanamnese, Störungen während der Schwangerschaft, während und nach der Geburt und Abweichungen von der normalen körperlichen und geistigen Entwicklung.
Gruppe 1a:			
o1	B.G.	w	
o3	B.H.	w	
o9	K.G.	w	Mit 3 Jahren Grand Mal, der Stunden dauerte.
18	S.A.	w	
32	M.M.	m	
35	R.M.	m	Mutter bei der Geburt 44 Jahre; Down; geistig erheblich retardiert.
Gruppe 1b:			
o2	B.U.	w	
o4	E.M.	w	
o5	G.S.	w	
o8	H.A.	w	Zu Beginn der Schwangerschaft Strumektomie bei der Mutter. Thybon (Liothyronin-HCl) während der gesamten Schwangerschaft.
11	K.K.	w	
15	R.A.	w	Pyelonephritis während der Schwangerschaft.
16	R.M.	w	
17	R.T.	w	Fruchtwasseraspiration; geistig erheblich retardiert.
21	S.M.	w	
26	W.M.	w	Ödeme während der Schwangerschaft; vorzeitiger Blasensprung; neuropathischer Habitus.
28	B.P.	m	
29	F.J.	m	Im 2. Monat allergisches Exanthem; Geb.-Gew. = 1 8oo g.
3o	K.W.	m	Mutter bei der Geburt 39 Jahre; 3. und 5. Kind Abort.
37	W.R.	m	Spricht kaum.
38	W.G.	m	Bei der Geburt blau; Geb.-Gew. = 2 5oo g.
39	W.F.	m	
4o	Z.M.	m	Mutter bei der Geburt 43 Jahre; im 3. Mens schwere Grippe.
Gruppe 1c:			
12	M.A.	w	Geb.-Gew. = 2 5oo g.
13	N.A.	w	
19	S.M.	w	
2o	S.D.	w	Vater: Leber- und Magenstörungen. Mutter: Doppelniere. Nabelschnurumschlingungen.
23	S.D.	w	Mutter erkrankte in den letzten Schwangerschaftswochen an Diabetes.
24	W.M.	w	
27	W.K.	w	Mutter bei der Geburt 36 Jahre. Vater: Mitralvitium. Mutter litt während der Schwangerschaft an Ödemen. 14 Stunden vor der Geburt Blasensprung.
34	P.K.	m	Stark retardierte Sprachentwicklung; Nabel- und Leistenhernie.
Gruppe 2b:			
o7	H.S.	w	Nach der Geburt noch sehr lange blau.
36	T.K.	m	Mutter nahm während des ersten Mens größere Mengen nicht näher bezeichneter Schlafmittel. Erhebliche Sprachschwierigkeiten des Kindes.
Gruppe 2c:			
o6	H.H.	w	
14	R.U.	w	
25	W.M.	w	
33	O.G.	m	Ekzemneigung mit spastisch, bronchitischer Komponente.
Gruppe 3c:			
1o	K.E.	w	2. Mens Grippe; Tegretal (Carbamazepin), Ritalin (Methylphenidat-HCl).
31	M.W.	m	Röteln mit Embryopathie; psychomotorisch retardiert; Geb.-Gew. = 2 5oo g.

Tab. III: Darstellung von Besonderheiten in der Familienanamnese, von Störungen während der Schwangerschaft, während und nach der Geburt und von Abweichungen von der normalen körperlichen und geistigen Entwicklung.

(Gruppen a bis c) fanden sich folgende Ergebnisse: Bei Kindern mit kleinerem und mittlerem Shuntvolumen (Gruppen a und b) erfolgte die Diagnosestellung im etwa gleichen Durchschnittsalter (4. 8 Jahre bzw. 4. 1o Jahre); bei Kindern mit großem Shuntvolumen (Gruppe c) erheblich früher, nämlich im 1. 5. Lebensjahr. Ebenso war der Zeitraum von der Erstuntersuchung bis zur Herzkatheteruntersuchung bei den Gruppen a und b beinahe gleich groß (1o. 8 Monate bzw. 11. o Monate). Die Patienten der Gruppe c wurden schon 4. 5 Monate nach der Erstuntersuchung herzkatheterisiert. 5 Monate nach der Diagnosestellung fand die Operation der Kinder der Gruppe c statt, die der Kinder der Gruppen a und b erst nach 12 Monaten.

6. ANAMNESE

Bei 21 der 4o Patienten mit Ductus arteriosus Botalli persistens (52. 5 %) konnten Besonderheiten in der Familienanamnese, Störungen während der Schwangerschaft, während und nach der Geburt und Abweichungen von der normalen körperlichen und geistigen Entwicklung beobachtet werden (Tabelle III). Von diesen 21 Patienten waren 11 weiblich (4o. 7 % der weiblichen Patienten) und 1o männlich (76. 9 % der männlichen Patienten).

a) Familienanamnese: In 2 Fällen (5. o %) lagen auffällige Daten in der Familienanamnese vor. Beide Kinder hatten zwar einen normalen Druck im Lungenkreislauf (Gruppe 1), aber ein sehr großes Shuntvolumen (Gruppe c). Der Vater des einen Patienten litt an einem Mitralvitium, die Mutter des anderen an einer Doppelniere.

b) Schwangerschaftsanamnese: Die Mütter von 4 Kindern (1o.o %) waren zum Zeitpunkt der Geburt zwischen 36 und 43 Jahre, und somit überdurchschnittlich alt. Eine Frau wurde zu Beginn der Schwangerschaft strumektomiert. Während der gesamten Schwangerschaft nahm sie Thybon (Liothyronin-HCl) ein. Ihr Kind wies einen normalen Druck im Lungenkreislauf (Gruppe 1) und ein mittelmäßiges Shuntvolumen (Gruppe b) auf. Eine Schwangere nahm größere Mengen nicht näher bezeichneter Schmerzmittel (Patient mit mittelmäßig erhöhtem Druck im Lungenkreislauf und mittelmäßig erhöhtem Shuntvolumen), und eine weitere Tegretal (Carbamazepin) und Ritalin (Methylphenidat-HCl) ein (Patient mit stark erhöhtem Druck im Lungenkreislauf und großem Shuntvolumen).

c) Verschiedene Erkrankungen: 8 Schwangere (2o.o %) erkrankten an einem der folgenden Leiden: Pyelonephritis, Ödeme, allergische Exantheme, schwere Grippe, Diabetes und Röteln. Bei dem Kind, dessen Mutter an Röteln erkrankte, entwickelte sich eine Rötelembryopathie. Dieser Patient gehörte der Gruppe mit einem stark erhöhten Druck im Lungenkreislauf und einem großen Shuntvolumen an.

d) Peri- und postnatale Besonderheiten: 4 Kinder (1o.o %) waren Mangelgeburten (Geb.-Gew. kleiner gleich 25oo g). 5 Neugeborene (12.5 %) litten peri- bzw. postnatal an einer periportalen Asphyxie. Diese wurde unter anderem durch eine Fruchtwasseraspiration, einem vorzeitigen Blasensprung bzw. eine Nabelschnurumschlingung ausgelöst.

e) Physische und psychische Entwicklungsstörungen: 8 Patienten (2o. o %) waren in ihrer geistigen Leistungsfähigkeit zurückgeblieben, zeigten einen neuropathischen Habitus oder waren psychomotorisch retardiert. Ein Patient litt an Trisomie 21 (normaler Druck im Lungenkreislauf und kleines Shuntvolumen). Ein Kind neigte zu Ekzembildung mit spastisch bronchitischer Komponente (mittelmäßig erhöhter Druck im Lungenkreislauf und sehr großes Shuntvolumen).

7. KÖRPERLICHE ENTWICKLUNG

a) Körpergröße

Die Patienten waren vor der Operation um durchschnittlich 1.5 % unterlängig. Spätestens 2 Jahre nach der Operation waren die Kinder normal groß. Bei den meisten Patienten vergrößerte sich der Abstand zur Normgröße bis zu 2 Monaten nach der Operation (- 1.6 % der Norm). Nach dem 2. bis 6. postoperativen Monat begann sich ihre Körperlänge auf die Werte gesunder Kinder einzupendeln. Zum Zeitpunkt n_3 lag die Durchschnittsgröße nur noch um o. 5 % unter der Normgröße. Bei allen Gruppen streuten die Werte vor der Operation viel stärker als nach der Operation. Zum Zeitpunkt n_o lagen die Meßwerte in einem Bereich von - 11.1 % bis + 12.1 % der Norm. Zum Zeitpunkt n_3 hatte sich die Streubreite auf Werte

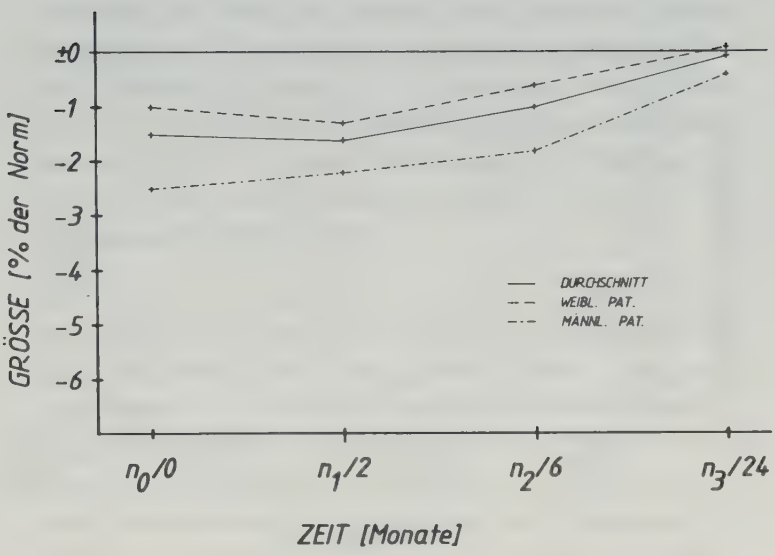

Abb. 5: Größenabweichungen in % der Normgröße vor und nach der Operation bei weiblichen und männlichen Patienten und beim Patientendurchschnitt. (o %-Linie entspricht der Normgröße).

von - 1o. o % bis + 8. o % der Norm verkleinert (Abbildung 5).

Längenabweichung in Relation zur Größe des Druckquotienten (Gruppen 1 bis 3): Je höher der Druck im Lungenkreislauf war, desto geringer war die Körpergröße der Patienten bei der Diagnosestellung, desto größer war der Zeitraum, den die Kinder zum Erreichen einer normalen

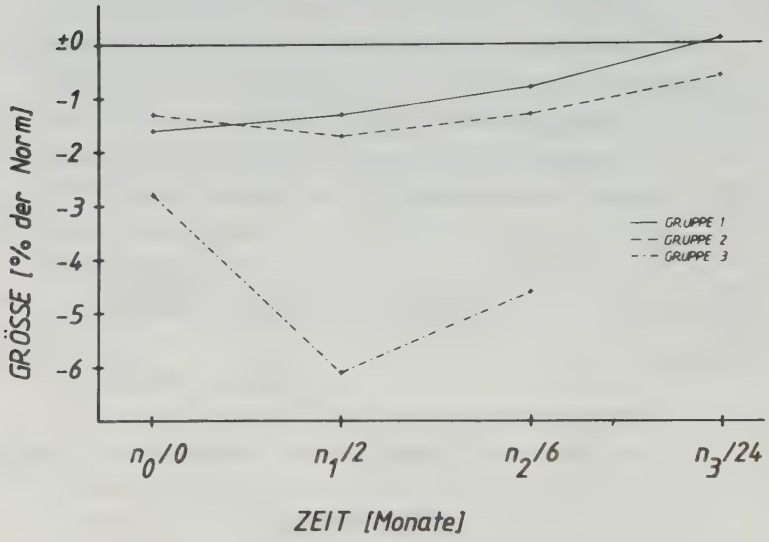

Abb. 6: Größenabweichungen in % der Normgröße vor und nach der Operation bei Patienten mit verschieden großen Druckwerten im Lungenkreislauf. (Gruppen 1 bis 3) (o %-Linie entspricht der Normgröße).

Körperlänge benötigten. Die Entwicklung der Patienten der Gruppen 1 bis 2, mit einer kleinen bzw. mittleren Druckerhöhung im Lungenkreislauf, verlief annährend parallel, wobei die Gruppe 2 lediglich eine etwas langsamere Normalisierungstendenz zeigte. Vor der Operation waren die Kinder dieser beiden Gruppen im Durchschnitt um 1.6 % (Gruppe 1) bzw.

um 1.3 % (Gruppe 2) zu klein. 2 Jahre nach der Operation zeigten die Patienten der Gruppe 1 ein normales Wachstum (+ o.1 % der Norm). Die Kinder der Gruppe 2 waren zu diesem Zeitpunkt lediglich um o.6 % unterlängig. Am kleinsten waren jedoch die beiden Patienten der Gruppe 3. Ihr Größendefizit betrug vor der Operation - 2.8 %, bis zum Zeitpunkt n_1 hatte sich dieser Abstand auf - 6.1 % vergrößert. In den folgenden 4 Monaten erhöhte sich jedoch die Durchschnittsgröße um 1.5 % auf - 4.6 % der Normgröße. (Abbildung 6).

Längenabweichung in Relation zur Größe des Shuntvolumens (Gruppen a bis c): Unterlängigkeit und Shuntvolumen zeigten keine direkte Korrelation, so waren zum Zeitpunkt n_o die Patienten der Gruppen a (kleines Shuntvolumen) und c (großes Shuntvolumen) mit - o.3 % bzw. - o.2 %, etwa gleich stark unterlängig. Die Patienten der Gruppe b (mittleres Shuntvolumen) waren die kleinsten. Ihr Größendefizit betrug vor der Operation - 2.9 %. Bei den Patienten der Gruppe a vergrößerte sich bis zum 6. postoperativen Monat der Abstand bis zur Normgröße um 1.2 %. 1.6 Jahre später erreichten sie - 1.1 % der Normgröße. Die Kinder der Gruppe c konnten ihr Wachstum nach der Operation sogar soweit beschleunigen, daß ihre Größe 2 Jahre nach der Operation + 1.2 % des Normwertes betrug. Die Körpergröße der Kinder der Gruppe b verbesserte sich in demselben Zeitraum um 2.5 % auf - o.4 % der Normgröße.

b) Gewicht

Das Gesamtkollektiv der Patienten hatte vor der Operation ein

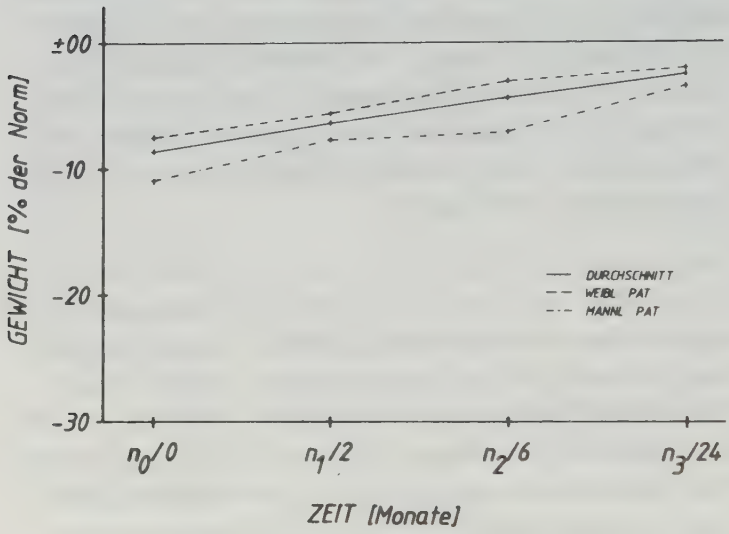

Abb. 7: Gewichtsabweichungen in % des Normgewichts vor und nach der Operation bei weiblichen und männlichen Patienten und beim Patientendurchschnitt. (o %-Linie entspricht dem Normgewicht).

durchschnittliches Untergewicht von 8.6 %. Schon innerhalb der ersten beiden postoperativen Monate nahmen die Kinder deutlich an Gewicht zu (um 2.3 %). 2 Jahre nach der Operation waren sie nur noch um durchschnittlich 2.6 % untergewichtig. (Abbildung 7).

Die weiblichen Patienten waren nicht so stark untergewichtig wie die männlichen. Vor der Operation waren die Jungen um durchschnittlich 3.4 % leichter als die Mädchen. Beide Gruppen nahmen direkt nach der Operation am deutlichsten an Gewicht zu. 2 Jahre nach der Operation betrug das Untergewicht bei den Mädchen noch 2.1 % und bei den Jungen 3.5 %. (Abbildung 7).

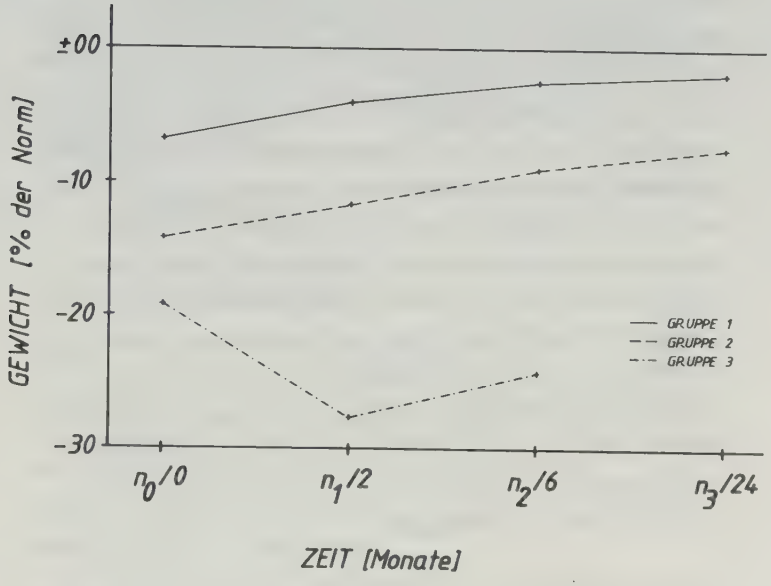

Abb. 8: Gewichtsabweichungen in % des Normgewichts vor und nach der Operation bei Patienten mit verschieden grossen Druckwerten im Lungenkreislauf. (Gruppen 1 bis 3) (o %-Linie entspricht dem Normgewicht).

Das Untergewicht in der Relation zur Größe des Druckquotienten (Gruppen 1 bis 3): Je höher der Druck im Lungenkreislauf war, desto deutlicher war das Untergewicht ausgeprägt. Vor der Operation waren die Patienten der Gruppe 1 (kleiner Druckquotient) um 6.8 %, die der Gruppe 2 um 14.2 % und die der Gruppe 3 um 19.2 % zu leicht. Das Gewicht der Kinder der Gruppen 1 und 2 erhöhte sich in den ersten beiden postoperativen Monaten annähernd gleich stark (um 2.8 % bzw. um 2.5 %) auf - 4.o % bzw. - 11.7 % des Normgewichts. In den folgenden 22 Monaten flachte bei den Gruppen 1 und 2 die Besserungstendenz immer weiter ab, je näher sie dem Normgewicht kamen. Zum Zeitpunkt n_3 waren die Patienten der Gruppe 1 noch um 1.8 % und die der Gruppe 2 noch um 7.4 % zu leicht. Das größte Untergewicht wiesen die beiden Patienten der Gruppe 3 auf. Es vergrößerte sich von einem präoperativen Wert von - 19.2 % innerhalb von 2 Monaten nach der Operation um weitere - 8.4 % auf - 27.6 % des Normgewichts. Zwischen dem 2. und 6. postoperativen Monat nahmen jedoch auch diese beiden Patienten mit den höchsten Druckwerten im Lungenkreislauf etwas an Gewicht zu. Zum Zeitpunkt n_2 waren sie noch um 24.2 % zu leicht. (Abbildung 8).

Das Untergewicht in Relation zur Größe des Shuntvolumens (Gruppen a bis c): Das präoperative Gewichtsdefizit vergrößerte sich von Gruppe a (kleines Shuntvolumen) mit - 7.2 % über Gruppe b (mittleres Shuntvolumen) mit - 8.5 % zur Gruppe c (großes Shuntvolumen) mit - 9.1 % des Normwertes. Das Untergewicht der Gruppe a nahm jedoch in den ersten beiden Jahren nach der Operation

um weitere - 1.8 % auf - 9.o % der Norm zu. Gruppe b zeigte nur in den ersten beiden postoperativen Monaten eine wesentliche Besserung (um 3.4 % auf - 5.1 % der Norm). Bis zum Zeitpunkt n_3 erhöhte sich ihr Durchschnittsgewicht nur noch um 1.o % auf -4.1 % des Normgewichts. Die Patienten der Gruppe c hingegen wiesen eine kontinuierliche Zunahme des Durchschnittsgewichts auf (von - 9.1 % zur Zeit n_0 auf + 3.8 % der Norm zum Zeitpunkt n_3). 2 Jahre nach der Operation hatte sich also das Gewichtsverhältnis der 3 Gruppen zueinander umgekehrt. Die Kinder mit größeren Shuntvolumina wiesen im Schnitt höhere Gewichtswerte auf, als die Kinder mit kleineren Shuntvolumina.

8. BESCHWERDEN

a) Leistungsfähigkeit

Vor der Operation war die Leistungsfähigkeit nach anamnestischen Angaben bei 7 der 4o Patienten (17.5 %) mittelmäßig und bei 2 Patienten (5.o %) stark eingeschränkt. 6 Monate nach der Operation zeigte nur noch 1 Patient eine verminderte Leistungsfähigkeit. 18 Monate später hatten alle Kinder ihr volles Leistungsvermögen zurückgewonnen.

Die Leistungsfähigkeit der weiblichen, wie der männlichen Patienten war in etwa gleichem Maße reduziert.

Die Leistungsfähigkeit in Relation zur Größe des Druckquotienten (Gruppen 1 bis 3): Von den Patienten mit normalem Druck im Lungenkreislauf (Gruppe 1) waren vor der Operation nur 5 der 32 Kinder (15.6 %) leistungsgemindert. Nur 2 dieser Patienten benötigten zur Erlangung

ihrer vollen Leistungsfähigkeit etwas über 2 Monate. Am ausgeprägtesten waren die Patienten mit einem mittelmäßig erhöhten Druck im Lungenkreislauf (Gruppe 2) in ihrer körperlichen Belastbarkeit eingeschränkt. 44 % dieser Patienten waren mittelmäßig und 14 % stark betroffen. 6 Monate nach der Operation war nur noch 1 Patient mittelmäßig leistungsreduziert. Einer der beiden Patienten mit den höchsten Druckwerten im Lungenkreislauf (Gruppe 3) war vor der Operation mittelmäßig leistungsreduziert. Er war kurze Zeit nach der Operation wieder körperlich voll belastbar.

Die Leistungsfähigkeit in Relation zur Größe des Shuntvolumens (Gruppen a bis c): Vor der Operation waren nur 16.8 % der Kinder mit einem kleinen Shuntvolumen (Gruppe a) leistungsgemindert. Relativ kurze Zeit nach der Operation konnten alle Patienten dieser Gruppe körperlich wieder voll belastet werden. Von der Gruppe b (mittleres Shuntvolumen) waren vor der Operation 5.0 % der Patienten mittelmäßig und 15.0 % der Patienten stark in ihrer Leistungsfähigkeit eingeschränkt. Ein Kind benötigte über 2 Monate um seine volle Belastbarkeit wieder zu erhalten. In Gruppe c (großes Shuntvolumen) waren präoperativ 35.7 % der Patienten (7.2 % schwer und 28.5 % mittelmäßig) leistungsgemindert. 2 Monate nach der Operation waren nur noch 1 Patient mittelmäßig und 1 Patient stark betroffen. 6 Monate nach der Operation konnten bis auf einen Patienten alle Kinder körperlich voll belastet werden. Nach weiteren 18 Monaten

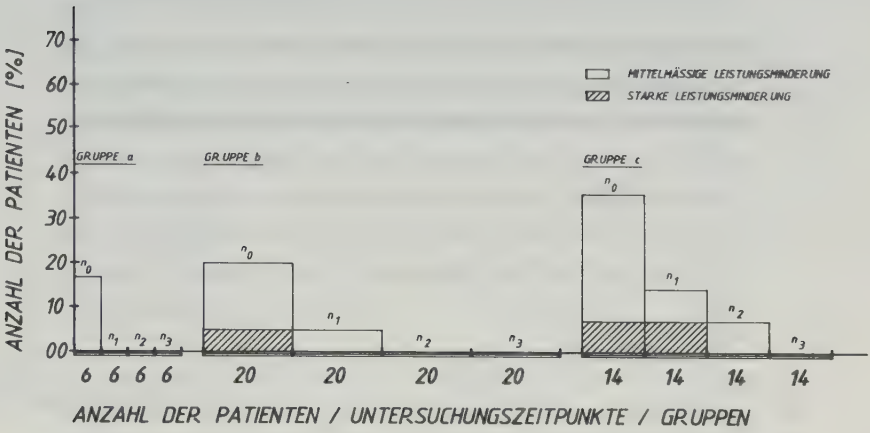

Abb. 9: Die präoperativ eingeschränkte Leistungsfähigkeit und ihr postoperativer Verlauf bei Patienten mit verschieden großen Shuntvolumina. (Gruppen a bis c).

waren auch er beschwerdefrei. (Abbildung 9).

b) Infektanfälligkeit

Eine erhöhte Infektanfälligkeit konnte bei etwa 44.o % bis 5o.o % der Patienten anamnestisch ermittelt werden. Etwa 1/3 von ihnen war mittelmäßig, etwa 2/3 von ihnen stark betroffen. Diese ver-

stärkte Anfälligkeit bildete sich nach der Operation deutlich zurück. 2 Jahre später traten nur noch bei 2 Patienten gehäuft Infekte auf.

Mädchen und Jungen waren in etwa gleichem Maße betroffen.

Die Infektanfälligkeit in Relation zur Größe des Druckquotienten (Gruppen 1 bis 3): Präoperativ war die Infektanfälligkeit der Kinder mit normalem

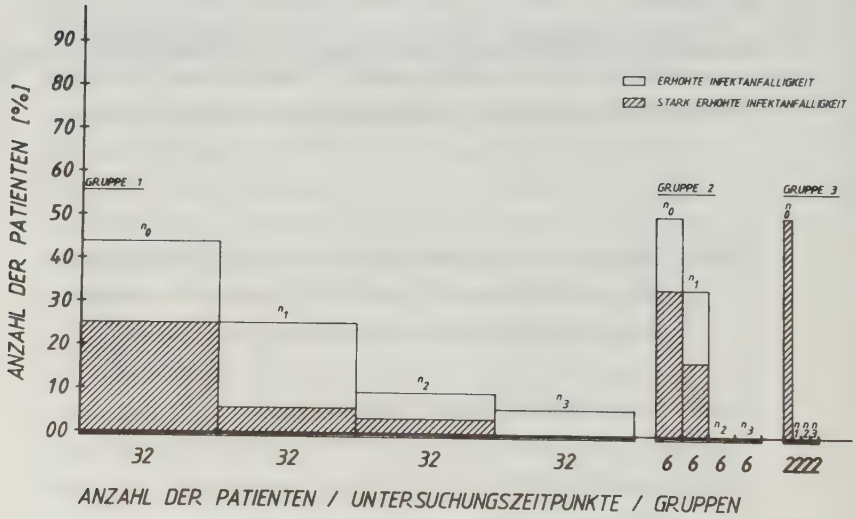

Abb. 1o: Die erhöhte Infektanfälligkeit vor der Operation und ihr postoperativer Verlauf bei Patienten mit verschieden großen Druckwerten im Lungenkreislauf. (Gruppen 1 bis 3).

bis gering erhöhtem Druck im Lungenkreislauf relativ am geringsten ausgeprägt; bei 25.o % der Patienten mittelmäßig und bei 18.8 % der Patienten stark. Zur Rückbildung der Beschwerden benötigten diese Kinder jedoch die längste Zeit. Selbst 2 Jahre nach der Operation waren noch 2 Kinder leicht infektanfällig. 2 der 6 Patienten mit einem mittelmäßig erhöhten Druckquotienten (Gruppe 2) waren präoperativ stark und 1 Patient leicht infektanfällig. 6 Monate nach der Operation waren alle Kinder dieser Gruppe frei von gehäuften Infekten. Vor der Operation erkrankten von den Patienten mit sehr hohen Druckwerten im Lungenkreislauf nur einer relativ häufig und stark an Infekten. Dieser Patient war nach der Operation beschwerdefrei.(Abbildung 1o).

Die Infektanfälligkeit in Relation zur Größe der Shuntvolumina (Gruppen a bis c): Je höher das Shuntvolumen, desto längere Zeit benötigten die Patienten um von ihrer erhöhten Infektanfälligkeit loszukommen. Vor der Operation erkrankten die Patienten der Gruppe c (großes Shuntvolumen) am häufigsten an Infekten. 21.3 % der Kinder waren mittelmäßig und 42.9 % stark betroffen. Diese Patienten benötigten auch die längste Zeit zur Rückbildung der Beschwerden. 2 der 14 Kinder (14.3 %) erkrankten selbst 2 Jahre nach der Operation noch vermehrt an Infekten. Vor der Operation waren die Patienten der Gruppe b (mittleres Shuntvolumen) am geringsten betroffen; 15.o % dieser Patienten mittelmäßig und 15.o % stark. 6 Monate nach der Operation war die Infektanfälligkeit bei nur noch einem Patienten dieser Gruppe leicht erhöht. Kurze Zeit später war auch er beschwerdefrei. Vor der Operation erkrankte zwar die Hälfte der Kin-

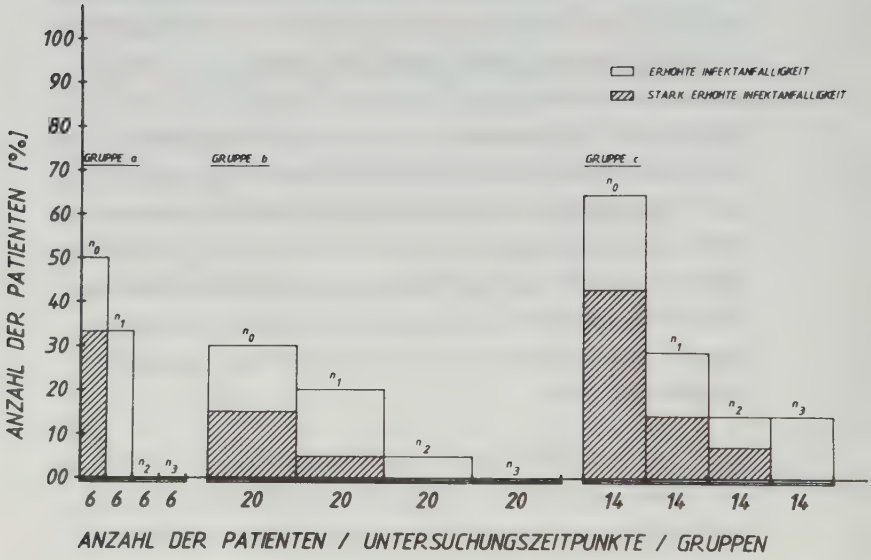

Abb. 11: Die erhöhte Infektanfälligkeit vor der Operation und ihr postoperativer Verlauf bei Patienten mit verschieden großen Shuntvolumina. (Gruppen a bis c).

der der Gruppe a (kleines Shuntvolumen) häufig an Infekten, doch schon 6 Monate später waren sie in dieser Hinsicht vollkommen gesund. (Abbildung 11).

9. RÖNTGENBEFUNDE

a) Herzverbreiterung im pa-Röntgenbild (Herzlungenquotient$_1$)

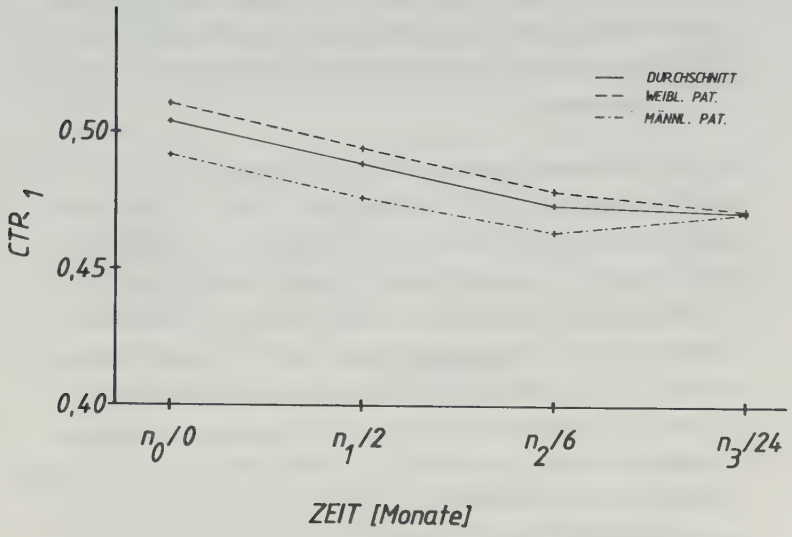

Abb. 12: CTR_1-Veränderungen vor und nach der Operation bei weiblichen und männlichen Patienten und beim Patientendurchschnitt.

Der präoperative Durchschnitts-CTR_1 betrug o. 5o45. Er verkleinerte sich kontinuierlich bis zum Zeitpunkt n_3 auf o. 4714.

Die Besserungstendenz war in den ersten beiden postoperativen Monaten am ausgeprägtesten. (Abbildung 12).

Die Herzlungenquotienten$_1$ (pa-Röntgenbild) der weiblichen Patienten lagen vor der Operation um durchschnittlich o. o192 über denen der männlichen. 2 Monate nach der Operation betrug der Abstand nur noch o. o172 und weitere 14 Monate später nur noch o. o147. 2 Jahre nach der Operation hatten die Mädchen mit o. 4716 einen beinahe gleich großen CTR$_1$ wie die Jungen mit o. 47o8. (Abbildung 12).

Die Herzlungenquotienten$_1$ in Relation zur Größe des Druckquotienten (Gruppen 1 bis 3): Die Herzlungenquotienten der Patienten mit normalem bzw. leicht erhöhtem Druck im Lungenkreislauf (Gruppen 1 und 2) hatten zu den Zeitpunkten n_0 (o. 5o69 bzw. o. 5o5o) und n_3 (o. 4722 bzw. o. 466o) annähernd gleich große Werte. Der CTR$_1$ der Patienten der Gruppe 1 reagierte jedoch schneller auf die Operation als der CTR$_1$ der Patienten der Gruppe 2. So betrug er bei Gruppe 1 2 Monate nach der Operation nur o. 4878, während er bei Gruppe 2 o. 5ooo maß. Die Herzlungenquotienten der beiden Patienten mit den höchsten Druckquotienten (Gruppe 3) lagen mit ihren Durchschnittswerten von o. 465o vor der Operation und von o. 455o 6 Monate nach der Operation deutlich unter denen der Patienten der Gruppen 1 und 2.

Die Herzlungenquotienten$_1$ in Relation zur Größe des Shuntvolumens (Gruppen a bis c): Je größer das Shuntvolumen, desto größer war der Herzlungenquotient$_1$. Der CTR$_1$ der Patienten mit einem kleinen Shuntvolumen (Gruppe a) verkleinerte sich in den ersten beiden postoperativen Monaten

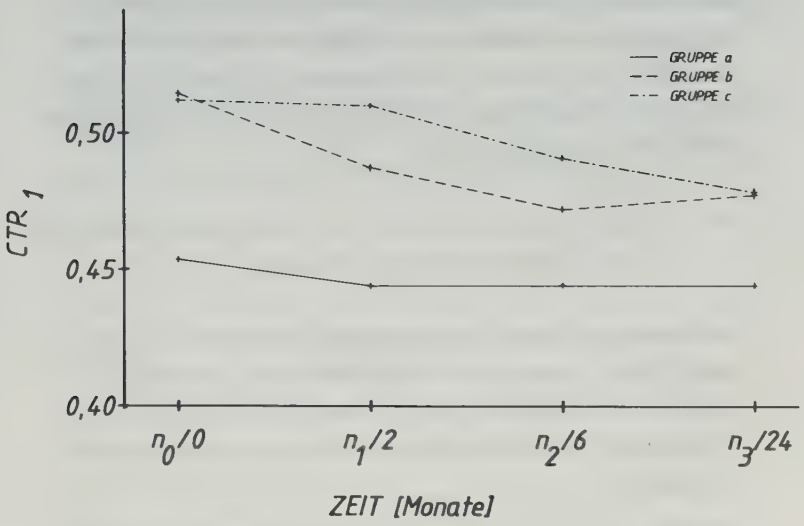

Abb. 13: CTR_1-Veränderungen vor und nach der Operation bei Patienten mit verschieden großen Shuntvolumina. (Gruppen a bis c).

von o. 4533 auf o. 4417. Für die weiteren 4 Monate blieb der Wert konstant. In den anschließenden 1.6 Jahren sank er weiter auf o. 4383. Die Herzlungenquotienten der Kinder mit einem mittelmäßigen bzw. einem großen Shuntvolumen (Gruppen b und c) waren zu den Zeitpunkten n_0 (o. 5145 bzw. o. 5121) und n_3 (o. 4775 bzw. o. 4782) annähernd gleich groß. Der CTR_1

der Gruppe b verkleinerte sich jedoch, im Gegensatz zum CTR_1 der Gruppe c, schneller und ausgeprägter. Er lag 2 bzw. 6 Monate nach der Operation um o. o225 bzw. um o. o188 unter dem CTR_1 der Gruppe c. Die Patienten der Gruppe c benötigten also die längste Zeit zur Normalisierung ihrer Herzlungenquotienten$_1$. (Abbildung 13).

b) Herzverbreiterung im seitlichen-Röntgenbild (Herzlungenquotient$_2$)

Der Durchschnitt sherzlungenquotient$_2$ verkleinerte sich kontinuierlich von einem präoperativen Wert von o. 8465 auf einen Wert von o. 8119 2 Jahre nach der Operation. Auch der CTR_2 verbesserte sich am deutlichsten in der Zeit unmittelbar nach der Operation.

Die CTR_2-Werte der weiblichen Patienten lagen nur unwesentlich über denen der männlichen. Vor der Operation betrug die Differenz o. oo42; danach o. ooo7, o. oo14 bzw. o. o1o2.

Die Herzlungenquotienten$_2$ in Relation zur Größe des Druckquotienten (Gruppen 1 bis 3): Der Herzlungenquotient$_2$ war bei den Patienten mit einem leicht erhöhten Druck im Lungenkreislauf (Gruppe 2) präoperativ (o. 8867) deutlich größer als bei Patienten mit einem normalen Druck (Gruppe 1) (o. 8446). Auch nach der Operation hatten diese Patienten, trotz der auffälligsten Besserungstendenz (in den ersten beiden postoperativen Monaten um o. o19o, in den folgenden 4 Monaten um o. o157), die größten Herzlungenquotienten. Zum Zeitpunkt n_3 betrug der Wert von Gruppe 1 o. 8o96, der von Gruppe 2 o. 824o. Die Herzlungenquotienten$_2$ der beiden Patienten mit den größten

Druckwerten im Lungenkreislauf (Gruppe 3) waren am kleinsten. Ihr CTR_2 sank von o. 84oo (präoperativ) in den ersten 6 Monaten nach der Operation auf o. 82oo.

Die Herzlungenquotienten$_2$ in Relation zur Größe des Shuntvolumens (Gruppen a bis c): Die Herzlungenquotienten$_2$ vergrößerten sich deutlich mit Zunahme des

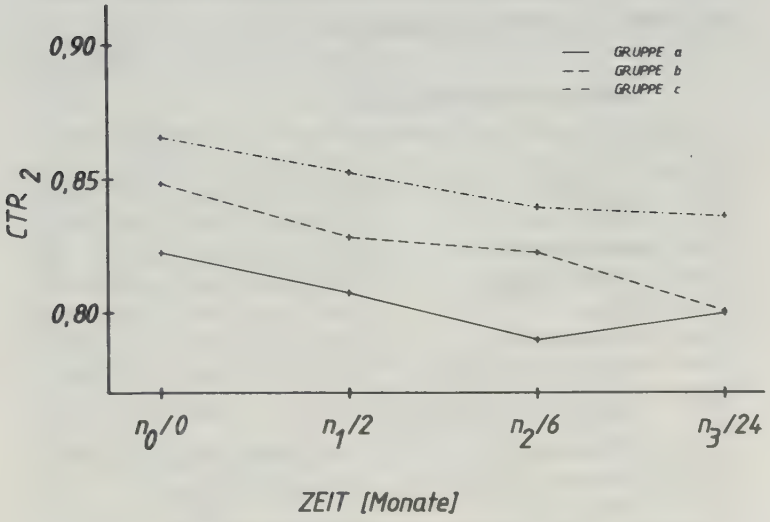

Abb. 14: CTR_2-Veränderungen vor und nach der Operation bei Patienten mit verschieden großen Shuntvolumina. (Gruppen a bis c).

Shuntvolumens. Die Patienten mit kleinem Shuntvolumen (Gruppe a) hatten die geringsten Ausgangswerte von durchschnittlich o. 8225. Innerhalb der ersten beiden postoperativen Jahre erreichte ihr CTR_2 o. 8ooo. Die Herzlungenquotienten$_2$ der Patienten mit einem mittelgroßen Shuntvolumen (Gruppe b) zeigten postoperativ die stärkste Rückbildungstendenz. In den ersten beiden Jahren nach der Operation verkleinerten sie sich um durchschnittlich o. o476 von o. 8482 auf o. 8oo6. Die Patienten mit einem großen Shuntvolumen (Gruppe c) wiesen die größten Herzlungenquotienten$_2$ auf. Ihr Durchschnittswert verringerte sich in den ersten beiden postoperativen Jahren nur um o. o294 von o. 8654 auf o. 836o. (Abbildung 14).

c) Röntgenbildbefunde

KRITERIEN		n_o	n_1	n_2	n_3	$\bar{n}$
o1.	Herzgröße (pa)	1. 83	1. 34	o. 9o	o. 47	1. 14
o2.	Herzform (pa)	1. 71	1. 29	o. 88	o. 44	1. o8
o3.	Gefäße-Hilus (pa)	1. 89	1. 19	o. 77	o. 31	1. o6
o4.	Herzgröße (seitlich)	1. 83	1. 15	o. 65	o. 23	o. 97
o5.	MCL (pa)	1. 54	1. o3	o. 67	o. 28	o. 88
o6.	Vorwölbung-PA (pa)	1. 4o	o. 95	o. 68	o. 41	o. 86
o7.	Retrocardialraum (seitlich)	1. 65	o. 9o	o. 48	o. 1o	o. 78
o8.	Anliegen des Herzens an der vorderen Thoraxwand (seitlich)	1. 5o	o. 87	o. 47	o. 1o	o. 74
o9.	Gefäßband (pa)	1. 31	o. 89	o. 57	o. 13	o. 73
1o.	Ösophaguspassage (seitlich)	1. 5o	o. 76	o. 36	o. oo	o. 66
11.	Gefäße-peripher (pa)	1. 11	o. 56	o. 26	o. o3	o. 49

Tab. IV: Die Kriterien für die Beurteilung der pa- und der seitlichen Röntgenbilder in ihren Ausprägungsgraden zu den Zeitpunkten n_o, n_1, n_2 und n_3. Zum Vergleich der einzelnen Kriterien nach ihren Ausbildungsgraden sind die Mittelwerte ($\bar{n}$) über die 4 Untersuchungstermine jeweils mit aufgeführt.

Die pa-Röntgenbilder wurden nach 7 Kriterien und die seitlichen Röntgenbilder nach 4 Kriterien beurteilt. Die Ergebnisse sind in Tabelle IV dargestellt.

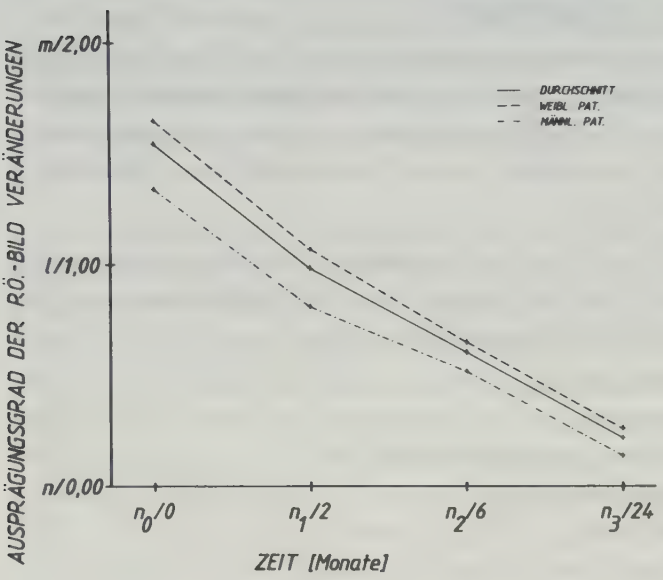

Abb. 15: Ausprägungsgrad der Gesamtveränderungen auf den Röntgenbildern vor und nach der Operation bei weiblichen und männlichen Patienten und beim Patientendurchschnitt.

Faßt man sämtliche Veränderungen des Brustraums, die auf dem pa- und dem seitlichen Röntgenbild zu sehen sind, zusammen, so ergibt sich folgende Aussage (Abbildung 15):

Vor der Operation waren die durchschnittlichen Veränderungen leicht bis mittelmäßig (1.55). Die Besserungstendenz war in den ersten beiden postoperativen Monaten am ausgeprägtesten. So waren 2 Jahre nach der Operation auf den Röntgenbildern praktisch keine pathologischen Veränderungen mehr zu erkennen (o. 22). (Abbildung 15).

Die auf den Röntgenbildern zu sehenden Herz- und Lungenveränderungen waren bei den weiblichen Patienten etwas stärker ausgeprägt als bei den männlichen. Vor der Operation machte dieser Unterschied o. 31 aus, 2 Jahre später nur noch o. 12. (Abbildung 15).

Die 11 beurteilten Veränderungen auf den Röntgenbildern konnten entsprechend ihres unterschiedlichen Ausprägungsgrades in folgende Reihenfolge eingeordnet werden:

o1) Herzgröße-pa;
o2) Herzform-pa;
o3) Gefäße im Hilusbereich-pa;
o4) Herzgröße-seitlich;
o5) MCL-pa;
o6) Vorwölbung PA - pa;
o7) Retrocardialraum-seitlich;
o8) Anliegen des Herzens an der vorderen Thoraxwand-seitlich;
o9) Gefäßband-pa;
1o) Ösophaguspassage-seitlich;
11) Gefäße im peripheren Lungenbereich-pa.

Die Herzgröße im pa-Bild war am stärksten, die Gefäße im peripheren Lungenbereich waren am geringsten verändert. (Tabelle IV). Das Herz war auf dem pa-Bild zum Zeitpunkt n_o mittelmäßig vergrößert (1. 83). Innerhalb von 2 Jahren nach der Operation

verkleinerte es sich auf eine nur noch leicht verbreiterte Form (o.47). Die Gefäße im peripheren Lungenbereich waren auf dem pa-Röntgenbild präoperativ nur leicht verändert (1.11). 2 Jahre später waren hinsichtlich der peripheren Lungengefäßzeichnung keine Besonderheiten mehr zu erkennen (o.o3). Die restlichen 9 bewerteten Kriterien lagen von ihrem Ausprägungsgrad her zwischen der Herzgröße auf dem pa-Bild und der Gefäßzeichnung im peripheren Lungenbereich auf dem pa-Bild. Sie zeigten einen im Verhältnis zu diesen Größen gleichartigen Verlauf. (Tabelle IV).

Die Veränderungen auf den Röntgenbildern in Relation zu Größe des Druckquotienten (Gruppen 1 bis 3): Die geringsten Veränderungen wiesen die Patienten mitnormalem Druck im Lungenkreislauf (Gruppe 1) auf. Die vor der Operation leicht bis mittelmäßig vergrößerten Werte (1.45) verkleinerten sich kontinuierlich. 2 Jahre nach der Operation waren fast keine Besonderheiten mehr zu erkennen (o.22). Deutlich stärkere Veränderungen boten die Röntgenbilder der Kinder mit einem mittelmäßig erhöhten Druck im Lungenkreislauf (Gruppe 2) vor (2.14) und nach der Operation. Der postoperative Heilungsablauf war bei diesen Patienten so stark ausgeprägt, daß auch bei dieser Gruppe zum Zeitpunkt n_3 die Röntgenbilder fast normale Strukturen zeigten (o.29). Die Veränderungen bei den beiden Patienten mit den größten Druckquotienten (Gruppe 3) lagen von ihrem Ausprägungsgrad her zwischen denen der Gruppe 1 und 2.

Die Veränderungen auf den Röntgenbildern in Relation zur Größe des Shuntvolumens (Gruppen a bis c): Je größer das Shuntvolumen war, desto ausgeprägter

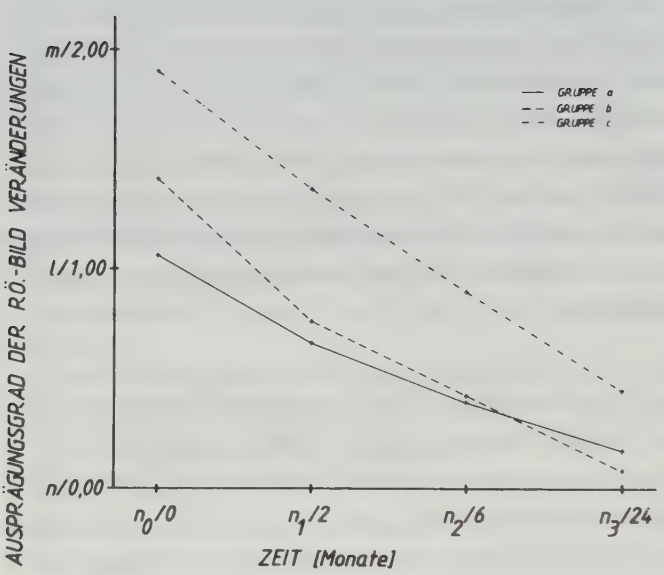

Abb. 16: Ausprägungsgrad der Gesamtveränderungen auf den Röntgenbildern vor und nach der Operation bei Patienten mit verschieden großen Shuntvolumina. (Gruppen a bis c).

waren die Röntgenbildveränderungen. Die Patienten mit einem kleinen Shuntvolumen (Gruppe a) zeigten präoperativ nur leichte Veränderungen (1.o6). 2 Jahre nach der Operation waren die Bilder dieser Kinder praktisch unauffällig (o.17). Die Brustraumveränderungen der Patienten mit einem mittelgroßen Shunt-

volumen (Gruppe 2) waren präoperativ zwar leicht bis mittelmäßig ausgeprägt (1.41), zum Zeitpunkt n_3 waren jedoch auch sie fast vollständig verschwunden (o.o8). Die Patienten mit den größten Shuntvolumina (Gruppe c) boten präoperativ mittelstarke Auffälligkeiten (1.9o). Diese Patienten zeigten zwar den besten Heilungserfolg, doch selbst 2 Jahre nach der Operation hatten sich die Strukturen im Brustraumbereich noch nicht völlig normalisiert (o.44). (Abbildung 16).

1o. EKG-BEFUNDE

Rhythmus: Die Herzen praktisch aller Patienten schlugen sowohl prä- als auch postoperativ im Sinusrythmus.

Überleitungszeiten: Die Überleitungszeiten lagen sowohl prä- als auch postoperativ bei praktisch allen Patienten im Normbereich.

Lagetypen: Präoperativ waren besonders die Lagetypen Mitteltyp, Steiltyp und Rechtstyp zu sehen. Seltener kamen der Linkstyp und der überdrehte Rechtstyp vor. Der Rechtstyp und der überdrehte Rechtstyp nahmen nach der Operation zu Gunsten des Mittel-, Links- und Steiltyps ab. 2 Jahre nach der Operation waren fast nur noch Mitteltypen und vereinzelt Links- und Steiltypen vorhanden. Die elektrische Herzachse richtete sich also besonders auf die Positionstypen zwischen $+ 3o^{o}$ und $+ 6o^{o}$ aus. Es zeigte sich kein sicherer Zusammenhang zu der Höhe des Drucks im Lungenkreislauf bzw. der Größe des Shuntvolumens.

Schenkelblockierungen: Vor der Operation fand sich bei 6 Patienten ein inkompletter Rechtsschenkelblock. Nach der Operation zeigte sich nur noch bei einem Kind ein solcher Block. Diese EKG-Befunde liegen jedoch im Normbereich.

Hypertrophiezeichen: Die Hypertrophiezeichen im EKG waren im Gegensatz zu den Hypertrophiezeichen im Röntgenbild nur sehr diskret ausgebildet.

Rechtsherzhypertrophiezeichen fanden wir präoperativ nur bei 2 Patienten in leichter und bei 2 Patienten in starker Form. Diese Patienten gehörten zu den Gruppen mit normalem bzw. stark erhöhtem Druck im Lungenkreislauf, bzw. zu denen mit kleinem, mittlerem und großem Shuntvolumen. 6 Monate nach der Operation konnte nur noch bei einem Patienten eine schwere und bei einem weiteren eine leichte Rechtsventrikelhypertrophie im EKG festgestellt werden. Nach den folgenden 18 Monaten waren bei allen Patienten die Hypertrophiezeichen im EKG verschwunden.

Linksventrikuläre Hypertrophiezeichen waren vor und nach der Operation ebenfalls nur selten zu beobachten. Im Durchschnitt waren die Vergrößerungen der linken Ventrikel im EKG vor der Operation nur leicht ausgeprägt. Schon in den ersten beiden postoperativen Monaten normalisierte sich die Größe der linken Herzkammern weitgehend. 2 Jahre nach der Operation hatten praktisch alle Patienten ein in dieser Hinsicht normales EKG.

Die linksventrikulären Hypertrophiezeichen im EKG in Relation zur Größe des Druckquotienten (Gruppen 1 bis 3): In den EKG's der Patienten mit normalen bis leicht erhöhten Druckquotienten (Gruppe 1 und 2) zeigte sich präoperativ eine leichte linksventrikuläre Hypertrophie.

Die Veränderungen bildeten sich in den beiden Jahren nach der Operation vollständig zurück. Bei den Patienten der Gruppe 1 trat die Normalisierungstendenz etwas früher ein, als bei den Patienten der Gruppe 2. Bei den beiden Patienten mit den grössten Druckwerten (Gruppe 3) war die linksventrikuläre Hypertrophie im EKG nur relativ schwach angedeutet.

Die linksventrikulären Hypertrophiezeichen im EKG in Relation zur Größe des Shuntvolumens (Gruppen a bis c): Je größer das Shuntvolumen war, desto ausgeprägter waren die Hypertrophiezeichen der linken Ventrikel im EKG. Präoperativ waren nach den EKG's die linken Herzkammern der Patienten mit einem kleinen Shuntvolumen (Gruppe a) normal ausgebildet bis leicht vergrößert. 2 Jahre nach der Operation war bei den Patienten der Gruppe a keine Hypertrophiezeichen mehr zu erkennen. Die linken Ventrikel der Kinder mit einem mittelgroßen bis großen Shuntvolumen (Gruppe b und c) zeigten vor der Operation leichte Zeichen der Hypertrophie. 2 Jahre später wiesen die EKG's der Gruppen b und c einen normalen Kurvenverlauf auf. Bei der Gruppe b setzte die Besserungstendenz lediglich etwas früher ein.

VI. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

1. HÄUFIGKEIT

Die Häufigkeit der Persistenz des Ductus arteriosus Botalli in % der angeborenen Herzfehler geben LOOGEN und Mitarbeiter (9) und KEITH, ROWE und VLAD (57) mit 12 % an.

In unserem Krankengut liegt die Häufigkeit bei 8.7 %. 69.6 % unserer Patienten litten an der isolierten Form des Ductus arteriosus Botalli persistens.

BARGMANN und DOERR (6) geben den Anteil der isolierten Form mit nur 3o.o % bis 4o.o % an, GRAHAM und Mitarbeiter (4o) mit 47.2 %.

2. GESCHLECHTSVERTEILUNG

LYNXWYLER und WELLS (66) errechneten eine Mädchenwendigkeit von 2 : 1. Fast dasselbe Verhältnis bestimmten GROSS (44), LUCHT und SØNDERGAARD (65), PANAGOUPOULOS und Mitarbeiter (74) und TAUSSIG (94).

In Übereinstimmung mit diesen Autoren ergab sich ebenfalls bei unseren Kindern ein Verhältnis von weiblichen zu männlichen Patienten von 2 : 1.

3. OPERATIONSMORTALITÄT

Zahlreiche Autoren (4o, 59, 65, 72, 74, 85, 89) berichteten über Todesfälle, die durch die Operation verursacht wurden.

LARMI, KAERKOELAE und HEIKKINEN (59), SOKØL und Mitarbeiter (89) gaben die Operationsmortalität mit 4.3 % bzw. 1.o % an.

Von den Patienten der Universitätskinderklinik Würzburg überlebten alle die Operation.

4. GRUPPENEINTEILUNG

Die Herzkatheter-Untersuchung ergab, daß in unserem Patientengut keine Kinder mit einem schon stark erhöhten Widerstand in den Lungengefäßen und mit Rückgang des links-rechts-Shunts vorhanden waren. Diese Tatsache kann folgendermaßen erklärt werden:

a) Durch einen kleinen Ductus fand eine so gute Drucktrennung zwischen großem und kleinem Kreislauf statt, daß sich keine Drucküberlastung der Lungen mit den dazugehörigen Sekundärveränderungen ausbilden konnte.

b) Die Patienten mit einem größeren Ductus arteriosus Botalli apertus wurden von der Universitätskinderklinik Würzburg so frühzeitig erfaßt, herzkatheterisiert und zur Operation überwiesen, daß sich in ihren Lungen keine Eisenmengerreaktion mit einer Widerstandserhöhung im Lungenkreislauf und einem anschließenden Rückgang des Shuntvolumens bis zur Shuntumkehr ausbilden konnte.

5. ALTERSVERTEILUNG

Das Alter bei der Erstuntersuchung, bei der Herzkatheter-Untersuchung und bei der Operation wurde festgestellt.

Die Patienten wurden mit einem Durchschnittsalter von 3.6 Jahren in die Universitätskinderklinik überwiesen. Im Schnitt 1o Monate nach der Diagnosestellung fand die Herzkatheter-Untersuchung statt. Weitere 6 Monate später wurden die Kinder in einem Durchschnittsalter von 4.1o Jahren operiert.

Es konnte eine Beziehung zwischen einerseits der Höhe des Drucks im Lungenkreislauf und der Größe des Shuntvolumens und andererseits dem Alter bei der Diagnosestellung, bei der Herzkatheter-Untersuchung und der Operation dargestellt werden. Es ergab sich, daß die Patienten mit einem hohen Druck im Lungenkreislauf, bzw.mit einem großen Shuntvolumen am frühzeitigsten zur Erstuntersuchung, zur Herzkatheter-Untersuchung und zur Operation kamen. Diese Patienten wurden so frühzeitig erfaßt, da sie auf Grund ihres relativ stärker ausgeprägten Entwicklungsrückstandes und ihrer ausgeprägten Beschwerden und Befunde vorzeitig auffielen. Die Kinder mit relativ niederem Druck im Lungenkreislauf und geringem Shuntvolumen wurden deutlich später untersucht und operiert.

6. ANAMNESE

Über die Gründe, die zu einer Persistenz des Ductus arteriosus Botalli persistens führen können, wurde schon viel und ausgiebig diskutiert. Bis heute jedoch konnte noch keine voll befriedigende Erklärung gefunden werden.

Über das gehäufte Auftreten von small-for-date-babies in der Gruppe der Ductus arteriosus Botalli-Kinder berichteten schon zahlreiche Autoren (5, 54, 66, 68, 1o1). MURPHY und Mitarbeiter (68) fanden heraus, daß zwischen 7.o % und 73.o % der

untergewichtigen Neugeborenen einen offenen Ductus Botalli besitzen. KROVETZ und WARDEN (54, 55) berichteten von 13.6 % untergewichtiger Neugeborener bei den Kindern mit Ductus Botalli persistens. LYNXWYLER und WELLS (66) errechneten einen Anteil von 12.8 %. Nur eine Autorengruppe, nämlich FELDT, STRICKLER und WEIDMANN (32), fand keinen prozentualen Unterschied zwischen dem Anteil von small-for-date-babies bei ihren Ductus Patienten und bei der Kontrollgruppe.

Unsere Berechnungen stimmten mit den Untersuchungsergebnissen der Mehrzahl der oben genannten Autoren überein. Wir fanden 4 small for date babies bei einer Gesamtzahl von 4o Patienten. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 1o.o %.

Das überdurchschnittliche Zusammentreffen von intrauterinen Infektionen (z.B. Röteln) mit einer Persistenz des Ductus arteriosus Botalli beschrieben ROBINSON und BAYER (78), ROSENTHAL und CASTANEDA (79) und UMANSKY und HAUCK (97). PANAGOUPOULOS und Mitarbeiter (74) ermittelten einen Anteil von pränatalen Rötelninfektionen von 6.5 %. Lediglich eine Autorengruppe, nämlich OCHS und SCHAEDE (71), fand bei 2oo Patienten keinen einzigen Rötelnfall.

Wir konnten in unserem Patientengut eine Rötelembryopathie nachweisen (2.5 %).

Weiterhin beschrieben ROBINSON und BAYER (78) und UMANSKY und HAUCK (97) die ursächliche Beteiligung einer perinatalen Hypoxie an der kausalen Genese des Ductus Botalli.

In unserem Untersuchungsgut konnte bei 3 Patienten, das entspricht einem Anteil von 7.5 %, ebenfalls eine perinatale Hypoxie

nachgewiesen werden.

Es ergab sich also auch bei unseren Ductus arteriosus Botalli persistens Patienten, gemäß den Beobachtungen der oben genannten Autoren, ein gegenüber dem Durchschnitt vermehrtes Auftreten von:

1) Untergewichtigen Neugeborenen (1o. o %);
2) Röteln während der Schwangerschaft (1 Fall);
3) Erhöhtem Alter der Mutter bei der Geburt (1o. o %);
4) Perinataler Hypoxie (7. 5 %).

Darüber hinaus müssen als Ursache für das Offenbleiben der Gefäßstrecke Erkrankungen der Mutter während der Schwangerschaft (2o. o %) mit in Betracht gezogen werden.

Besonders bemerkenswert ist das Zusammentreffen eines sehr hohen Druckwertes im Lungenkreislauf bzw. eines sehr großen Shuntvolumens, mit der größeren Einnahme nicht näher bezeichneter Schmerzmittel, von Carbamazepin und Methylphenidat-HCl, während der Schwangerschaft. Nach Angaben des Herstellers verursacht Carbamazepin sehr starke Nebenwirkungen. Es sollte daher bei Bestehen oder bei Eintritt der Schwangerschaft, besonders zwischen dem 2o. und 4o. Schwangerschaftstag, so niedrig wie möglich dosiert werden. Methylphenidat-HCl sollte während der Schwangerschaft, besonders im 1. Trimenon, nur bei zwingender Indikation angewendet werden.

Medikamenteneinnahme in der Schwangerschaftsanamnese wurden sehr häufig bei Patienten mit einem hohen Druck im Lungenkreislauf bzw. mit einem hohen Shuntvolumen erhoben.

Diese Faktoren müssen, zumindest als mitauslösende Momente, für die Persistenz des Ductus arteriosus Botalli mit in Betracht

gezogen werden.

Von den weiblichen Patienten waren nur 4o. 7 % und von den männlichen Patienten 76. 9 % betroffen.

7. KÖRPERLICHE ENTWICKLUNG

Das präoperativ verminderte Größenwachstum und das präoperative Untergewicht bei Ductus arteriosus Botalli Patienten beschrieben zahlreiche Autoren (5, 7, 17, 25, 32, 38, 43, 45, 55, 66, 78, 79, 97). Sie untersuchten besonders den Zusammenhang zwischen einerseits der Größe und dem Gewicht und andererseits:

1) dem Alter bei der Operation,
2) den zusätzlichen cardialen Störungen,
3) den zusätzlich extracardialen Störfaktoren, wie Größe der Mutter, embryonale Rötelinfekte, usw.,
4) dem Geschlecht.

EKSTRÖM (23) fand erstaunlich geringe Größen- und Gewichtsdefizite. Die Größen- und Gewichtswerte seiner Patienten (57 Mädchen und 54 Jungen) lagen innerhalb des Normbereiches gesunder schwedischer Kinder.

GROSS und LOGINO (43, 44), ROBINSON und BAYER (7, 78) und ROSENTHAL und CASTANEDA (79) kamen zu dem Ergebnis, daß ihre Patienten stärker untergewichtig als unterlängig waren.

Entsprechend den zuletzt genannten Autorengruppen war das Gewicht unserer Patienten mit - 8.6 % der Norm bedeutend stärker vermindert, als die Körperlänge mit - 1.5 % der Norm.

In Bezug auf die Größenentwicklung stimmten unsere Untersuchungsergebnisse mit denen EKSTRÖM's (23) weitgehend überein. Unsere Patienten waren jedoch stärker untergewichtig als die Kinder aus EKSTRÖM's Gruppe.

Über die Normalisierung der pathologisch veränderten Werte berichteten ENGLE, HOLSWADE, GOLDBERG und GLENN (26), GROSS und LOGINO (43) und ROSENTHAL und CASTANEDA (79), daß das Gewicht innerhalb eines Zeitraums von Monaten bis zu 2 Jahren nach der Operation den Normbereich erreichte. Die Körperlänge normalisierte sich hingegen erst nach Jahren.

Unsere Studie ergab, daß sich das Wachstumsdefizit bis zu einem Zeitraum von über 2 Monaten nach der Operation weiterhin vergrößerte. Erst nach diesem Zeitraum setzte eine sichtbare Reaktion auf die Kreislaufveränderung durch die Operation ein. Die Patienten nahmen so deutlich an Länge zu, daß alle Kinder 2 Jahre nach der Operation die Normgröße erlangt hatten. Der Grund für das relativ schnelle Erreichen der Normwerte liegt darin, daß die präoperative Unterlänge nur sehr gering ausgeprägt war.

Das Gewicht hingegen, als relativ leicht veränderlicher Wert, reagierte sofort. Innerhalb der ersten beiden postoperativen Monate nahmen die Kinder am deutlichsten an Gewicht zu. Der Patientendurchschnitt erreichte selbst nach 2 Jahren noch nicht vollständig den Normbereich. Der Grund hierfür liegt in der relativ starken präoperativen Normabweichung (- 8.6 %).

Auf Grund ihrer Untersuchungen über die Längen- und Gewichtsunterschiede zwischen den weiblichen und männlichen Patienten

kamen BAYER und ROBINSON (7) und ROSENTHAL und CASTANEDA (79) zu dem Ergebnis, daß die Unterlängigkeit und Untergewichtigkeit im Vergleich zur Normalpopulation bei Knaben ausgeprägter als bei Mädchen ist.

Entsprechend diesen Autoren konnte auch bei unseren Kindern nachgewiesen werden, daß die Jungen stärker unterlängig und untergewichtig waren als die Mädchen. Die Jungen benötigten auch, entsprechend den Ergebnissen von ROSENTHAL und CASTANEDA (79) einen längeren Zeitraum , um nach der Operation die Normlänge bzw. das Normgewicht zu erreichen.

In welcher Art und Weise die Unterlängigkeit und das Untergewicht von der Höhe des Drucks im Lungenkreislauf und von der Größe des Shuntvolumens abhängig sind, wurde von 3 Autorengruppen folgendermaßen diskutiert:

ENGLE, HOLSWADE, GOLDBERG und GLENN (26) kamen zu dem Schluß, daß das Zurückbleiben der körperlichen Entwicklung mit der Höhe des Drucks im Lungenkreislauf korreliert.

Gemäß ENGLE und Mitarbeiter (26) konnten auch wir eine Beziehung zwischen einerseits der Größe und dem Gewicht und andererseits dem Druck im Lungenkreislauf herausarbeiten. Die Patienten mit einem hohen Druck im Lungenkreislauf waren am stärksten unterlängig und untergewichtig. Auf Grund dieser sehr großen präoperativen Normabweichungen waren bei ihnen auch die stärkste Besserungstendenz zu beobachten. Die Patienten mit dem geringsten Druck im Lungen-

kreislauf kamen der Normgröße und dem Normgewicht am nähesten. Sie erreichten als erste die Werte gesunder Kinder.

EPPINGER, BURWELL und GROSS (27) und KROVETZ und WARDEN (54, 55) stellten bei ihren Patienten eine direkte Beziehung zwischen der Größe des Shuntvolumens und dem Längendefizit bzw. dem Untergewicht dar.

Entsprechend diesen Autorengruppen konnten auch wir vor der Operation ein mit Zunahme des Shuntvolumens ansteigendes Längen- und Gewichtsdefizit nachweisen. Lediglich die Patienten mit den größten Shuntvolumina (Gruppe c) waren fast normalwüchsig. Die auffälligste Besserungstendenz zeigten die Kinder mit hohem Druck im Lungenkreislauf bzw. großem Shuntvolumen und dem höchsten präoperativen Defizit. Sie erreichten nach der Operation teilweise Körperlängen und -gewichte, die sogar etwas über der Norm lagen.

8. KLINISCHE BESCHWERDEN

Eine verminderte Leistungsfähigkeit stellt sich nach Meinung der Autoren GRAHAM, BONHARN-CARTER, WATERSTON und ABERDEEN (4o) besonders bei Patienten mit einem großen Shuntvolumen ein. Nach den Beobachtungen von FREY und KUETGENS (35) verbessert sich die Leistungsfähigkeit der Kinder schon relativ kurze Zeit nach der Operation.

In Übereinstimmung mit diesen Autoren verminderte sich auch bei unseren Patienten die Leistungsfähigkeit proportional mit der Zunahme des Shuntvolumens, d. h. proportional mit der

Volumenbelastung des linken Ventrikels und der Überflutung der Lungen mit Blut. Je größer außerdem das Shuntvolumen, desto länger der Zeitraum, den die Kinder benötigten, um die volle körperliche Leistungsfähigkeit zu erlangen.

Weiterhin sank die Leistungsfähigkeit mit der Zunahme des Drucks im Lungenkreislauf. Nach der Operation waren die Patienten mit niederem Druck im Lungenkreislauf am ehesten voll belastbar. Von den beiden Patienten mit den höchsten Druckwerten im Lungenkreislauf (Gruppe 3) war vor der Operation nur einer in seiner Belastungsfähigkeit eingeschränkt. Auf Grund ihres sehr geringen Alters bei der Operation war die Leistungsfähigkeit jedoch nur sehr schwierig zu beurteilen.

In dem Maße, in dem die Leistungsfähigkeit vermindert war, stieg die Infektanfälligkeit mit wachsendem Druck im Lungenkreislauf. Jedoch benötigten die Patienten mit relativ kleinem Druck im Lungenkreislauf die längste Zeit, um eine normale Infektanfälligkeit zu erreichen.

Ebenso stieg die Infektanfälligkeit mit dem Anwachsen des Shuntvolumens. Die Patienten mit den größten Shuntvolumina litten am stärksten und häufigsten unter Infekten. Sie benötigten die längste Zeit, um in dieser Hinsicht beschwerdefrei zu werden.

Das Ausmaß der Verminderung der Leistungsfähigkeit und der Häufigkeit der Infekterkrankungen gehen mit dem Ausmaß der Druck- und Volumenbelastung des Herzens einher. Im Einklang mit der körperlichen Unterentwicklung und Schwäche erhöhte sich die Anfälligkeit für Infekte. Die Überlastung der linken Ventrikel wird jedoch durch die Unterbindung der Gefäßstrecke soweit reduziert, daß sich die Patienten schon kurze Zeit nach

der Operation körperlich sichtlich erhohlen.

1o. RÖNTGENBILDBEFUNDE

a) Herzlungenquotienten

Viele Autoren (5, 43, 46, 66, 97) berichteten über eine präoperative Vergrößerung der Herzlungenquotienten, die sich postoperativ zügig zurückbildete.

COSH (17) errechnete bei 31 seiner 65 Patienten (47. 7 %) einen Herzlungenquotienten im pa-Bild von kleiner o. 5o. In 21 Fällen (32. 3 %) betrug er o. 5o bis o. 54. 13 Patineten (2o. o%) wiesen einen noch größeren Wert auf. Seine Patienten waren jedoch bei der Erstuntersuchung durchschnittlich schon 11 Jahre alt; ein Erwachsener sogar schon 24 Jahre.

ASH und FISCHER (5), GROSS und LOGINO (43) und UMANSKY und HAUCK (97) stellten eine direkte Beziehung dar zwischen der Größe des Shuntvolumens und dem CTR_1.

Für die Herzlungenquotienten unserer Patienten ergaben sich dieselben Schlüsse. Der CTR_1 wie auch der CTR_2 reagierten in der gleichen Weise. Je größer das Shuntvolumen, desto größer diese Quotienten, desto größer der Zeitraum den diese Quotienten benötigten, um den Normbereich zu erreichen. Die Größe der Herzlungenquotienten spiegelt somit die Größe des diastolischen Volumens der linken Ventrikel wieder.

Der Durchschnitts-Herzlungenquotient im pa-Bild von Patienten mit einem leicht bis mäßig erhöhten Shuntvolumen erreichte schon innerhalb der ersten beiden postoperativen Monate Werte unter o. 5o. Die Patienten mit den größten Shuntvolumina unterschritten

diese Grenzmarke zwischen dem 2. und 6. postoperativen Monat. Ihre CTR_1-Werte verkleinerten sich kontinuierlich weiter auf o. 48 im 2. postoperativen Jahr.

Die Besserungstendenzen der Herzlungenquotienten in den seitlichen Röntgenbildern waren bei den Gruppen a bis c gleich stark. Die pathologische Vergrößerung verringerte sich besonders in den ersten beiden postoperativen Monaten.

In ähnlicher Weise nahmen der CTR_1 und der CTR_2 bei Patienten mit ansteigendem Druck im Lungenkreislauf an Größe zu. Ihre Rückbildungstendenz war zwar bei den Patienten mit hohen Druckwerten, entsprechend der relativ hohen pathologischen Ausgangswerte, am deutlichsten, doch erreichten sie aus demselben Grund als letzte den Normbereich. Die beiden Patienten mit den höchsten Druckwerten im Lungenkreislauf hatten zwar die relativ kleinsten Herzlungenquotienten, doch konnte auf Grund ihres sehr geringen Alters bei den Untersuchungen nicht eindeutig entschieden werden, inwieweit diese Werte physiologisch bzw. pathologisch sind.

Die Herzlungenquotienten der weiblichen Patienten waren durchschnittlich etwas größer als die der männlichen Patienten.

b) Röntgenbildbefunde

Bei der Beurteilung der Röntgenbilder begutachtete REAL (76) besonders die Veränderungen,die durch die gesteigerte Lungendurchblutung hervorgerufen wurden. Seiner Meinung nach ist eine vermehrte Lungendurchblutung im Röntgenbild schon vor einer Herzvergrößerung im EKG sichtbar. Weiterhin empfahl REAL besonders auf die Veränderungen der Herzgröße, der

Herzform, der Herzlage, des Retrocardialraums und der Ösophaguspassage zu achten. Diese Parameter verändern sich nach seinen Beobachtungen relativ frühzeitig und ausgeprägt.

LYNXWYLER und WELLS (66) beschrieben Veränderungen in der Größe und Form des Herzens. Die Diagnose eines Ductus arteriosus Botalli persistens kann jedoch nach ihrer Meinung nicht auf der Basis der Röntgenbildveränderungen gestellt werden.

GROSS und LOGINO (43) begutachteten auf den Röntgenbildern besonders die Ösophaguspassage. Mit Hilfe dieses Befundes kann ihrer Meinung nach ein vergrößerter Blutfluß durch das linke Herz schon frühzeitig festgestellt werden, da eine Vergrößerung des linken Vorhofs vor einer Vergrößerung des linken Ventrikels sichtbar wird.

Entsprechend den Beobachtungen REAL's (76) war auch bei unseren Kindern die Blutfülle der Lungen auf den Röntgenbildern frühzeitig zu erkennen. Noch deutlicher jedoch war bei unseren Patienten die Herzgröße und die Herzform verändert.

Einengungen der Ösophaguspassage, wie GROSS und LOGINO (43) sie beobachtet hatten, waren bei unseren Patienten nicht so intensiv ausgeprägt. Nach ihrem qualitativen und quantitativen Auftreten kamen sie erst an 1o. Stelle der Veränderungen auf den Röntgenbildern.

GROSS und LOGINO (43) und ASH und FISCHER (5) stellten einen direkten Zusammenhang her, zwischen der Größe des Ductus arteriosus Botalli, d.h. dem Shuntvolumen, und dem Veränderungsgrad des Röntgenbildes.

LUCHT und SØNDERGAARD (65) werteten die Röntgenbilder

von 7o Patienten mit isoliertem Ductus arteriosus Botalli aus. Sie fanden keinen signifikanten Unterschied zwischen den Veränderungen auf den Röntgenbildern von Patienten mit normalem bzw. erhöhtem Druck im Lungenkreislauf. Dagegen konnten sie einen direkten Zusammenhang zwischen der Größe des Shuntvolumens und den Herz- und Lungenveränderungen im Röntgenbild nachweisen.

HAY und WARD (47) kamen zu dem Ergebnis, daß die Röntgenbildbefunde um so auffälliger sind, je größer der Ductus ist. Ebenso ist die Besserungstendenz bei diesen Patienten am ausgeprägtesten.

Entsprechend diesen Autorengruppen zeigte sich auch bei unseren Patienten eine deutliche Relation zwischen dem Schweregrad der Röntgenbildveränderungen und der Größe des Shuntvolumens. Die Kinder mit den kleinsten Shuntvolumina wiesen die geringsten Veränderungen auf, die mit den größten Shuntvolumina die größten Veränderungen. Die Rückbildungstendenz erfolgte kontinuierlich vom ersten postoperativen Tag bis zum zweiten postoperativen Jahr. Sie war in der direkten postoperativen Zeit bei weitem am stärksten ausgeprägt.

Jedoch zeigte sich auch bei unseren Patienten, entgegen den Beobachtungen von LUCHT und SØNDERGAARD (65), eine Beziehung zwischen dem Ausprägungsgrad der Veränderungen auf den Röntgenbildern und der Höhe des Drucks im Lungenkreislauf. Mit Ansteigen des Drucks wurden die Veränderungen deutlicher. Bei einem der beiden Patienten der Gruppe 3 (sehr grosser Druckquotient) waren diese Veränderungen jedoch nur in sehr leichter Form ausgeprägt. Die Röntgenbilder von Patienten mit einem niederen Druck im Lungekreislauf waren am frühzeitigsten ohne Befunde.

Es zeigte sich somit, daß unmittelbar nach Entlastung des Herzens durch eine frühzeitige Operation bzw. bei einem kleinen Ductus das Herz und die Lungengefäße noch fähig sind, sofort eine normale Größe bzw. einen normalen Zustand zu erreichen. Die Parameter, die vor der Operation am stärksten von der Norm abwichen, benötigten, obwohl sie die relativ stärkste Besserungstendenz zeigten, die längste Zeit um sich zu normalisieren.

Die Mädchen wiesen etwas stärkere Röntgenbildveränderungen auf als die Jungen.

1o. EKG-BEFUNDE

SØKOL und Mitarbeiter (89) kamen zu dem Ergebnis, daß Herzvergrößerungen sich im EKG später darstellen als im Röntgenbild.

GROSS und LOGINO (43) und LYNXWYLER und WELLS (66) stellten fest, daß das EKG bei einem nur überraschend geringen Prozentsatz von Patienten für die Diagnose hilfreich ist. Die EKG's der überwiegenden Mehrzahl ihrer Patienten zeigten einen normalen Kurvenverlauf.

Auch ASH und FISCHER (5) beschrieben bei Patienten mit unkompliziertem Ductus arteriosus Botalli normale EKG-Kurvenverläufe. Das EKG zeigte evtl. eine leichte linksventrikuläre Hypertrophie an.

Zu dem selben Ergebnis kamen HAY und WARD (47). Sie und REAL (76) beschrieben auch ab und zu auftretende Rechtsherzhypertrophien. Diese sind jedoch im Säuglingsalter nur sehr schwierig von physiologischen Hypertrophiezeichen zu unter-

scheiden.

Unsere Untersuchungen bezüglich der Aussagekraft des EKG's entsprachen im wesentlichen den oben genannten Autoren. Gegenüber der Aussagekraft der Röntgenbilder erwies sich die Aussagekraft der EKG's als nur sehr gering.

Die Auswertungen ergaben nur hinsichtlich der Beurteilung der linksventrikulären Hypertrophie einigermaßen deutliche Ergebnisse. Wie bei den Röntgenbildbeurteilungen zeigte sich auch hier ein Zusammenhang zwischen Shuntgröße und Hypertrophiezeichen der linken Ventrikel. Vor der Operation konnte man nur durchschnittlich leichte Veränderungen erkennen. 2 Jahre nach der Operation zeigten praktisch alle EKG's einen normalen Kurvenverlauf.

Die Patienten mit den höchsten Druckwerten im Lungenkreislauf bzw. mit den größten Shuntvolumina boten die ausgeprägtesten Linkshypertrophie-Zeichen. Entsprechend der relativ hohen pathologischen Ausgangswerte bei diesen Patienten, benötigten diese Kinder nach der Operation die längste Zeit, um normale Kurvenverläufe im EKG zu bekommen. Doch zeigten diese Patienten auch, entsprechend den hohen Ausgangswerten, die größte Besserungstendenz.

Entsprechend den meisten der oben genannten Autoren konnten Änderungen der Rhythmen, der Überleitungszeiten, der Kammerkomplexe und Hypertrophiezeichen der Vorhöfe und der rechten Ventrikel, sowie Hebungen und Senkungen der ST-Strecken nur vereinzelt beobachtet werden. In diesen Fällen trat die Normalisierung auch innerhalb von wenigen Wochen nach der Operation ein.

Ebenso wich die elektrische Herzachse vor der Operation nur

in seltenen Fällen und in geringem Ausmaß von der Normalrichtung ab. Die Herzkammern normalisierten ihre Form in einem so kurzen Zeitraum, daß die Achsen schon relativ kurze Zeit nach der Operation normal ausgerichtet waren.

Die weiblichen Patienten waren etwas stärker betroffen als die männlichen.

VII. ZUSAMMENFASSUNG UND INTERPRETATION

4o Kinder mit isoliertem Ductus arteriosus Botalli wurden vor der Operation, innerhalb von 2 Monaten, 6 Monaten und ca. 2 Jahren nach der Operation hinsichtlich folgender Parameter untersucht:

a) Häufigkeit der Persistenz des Ductus arteriosus Botalli;
b) Geschlechtsverteilung;
c) Operationsmortalität;
d) Alter bei der Erstuntersuchung, der Herzkatheteruntersuchung und der Operation;
e) Anamnese;
f) körperliche Entwicklung;
g) Beschwerden (Leistungsfähigkeit, Infektanfälligkeit);
h) Röntgenbild-Befunde (Herzlungenquotienten (pa- und seitliches Bild), Veränderungen im Röntgenbild) und EKG-Befunde;
i) Ausmaß der Veränderung bei den weiblichen bzw. männlichen Patienten.

Die Patienten wurden einmal in 3 Gruppen (1 bis 3) nach steigendem Druck im Lungenkreislauf, und einmal in 3 Gruppen (a bis c) nach steigendem Shuntvolumen eingeteilt. Die Ergebnisse der oben genannten Untersuchungen wurden innerhalb der beiden Gruppeneinteilungsformen vergleichend dargestellt und diskutiert. Dabei kam die Arbeit zu folgenden Ergebnissen:

a) 8.7 % aller Kinder mit angeborenem Herzfehler hatten einen Ductus arteriosus Botalli, 5.93 % die isolierte Form.

b) Das Verhältnis von weiblichen zu männlichen Patienten betrug 2 : 1.

c) Kein Patient starb an den direkten Operationsfolgen.

d) Das Alter bei der Erstuntersuchung betrug im Schnitt 3.6 Jahre. Die Herzkatheteruntersuchung fand durchschnittlich 1o Monate später statt. 24 der 4o Patienten wurden schon innerhalb eines Zeitraums von 6 Monaten nach der Erstuntersuchung operiert; 1o weitere Kinder innerhalb der folgenden 6 Monate.

e) 21 der 4o Patienten zeigten Besonderheiten in der Familienanamnese, Störungen während der Schwangerschaft, Auffälligkeiten während und nach der Geburt sowie Abweichungen ihrer physischen und psychischen Entwicklung.

f) Anamnestisch auffällig war eine erhöhte Infektanfälligkeit. Die körperliche Leistungsfähigkeit war in der Regel nur geringfügig eingeschränkt. Mädchen waren stärker betroffen als Jungen.

g) Viele Kinder waren körperlich unterentwickelt. Jungen waren stärker betroffen als Mädchen.

h) Röntgenbilder und EKG-Befunde wiesen charakteristische Veränderungen auf.

ABSCHLIESSENDE ZUSAMMENFASSUNG

Beschwerdebild und klinische Befunde waren von der Größe des Shuntvolumens und der Höhe des Drucks im Lungenkreislauf abhängig. Je größer das Shuntvolumen und je höher der Druck war, umso auffälliger waren die Befunde und umso länger benötigten die Patienten, postoperativ normale Verhältnisse zu erreichen.

Zwei Jahre nach der Operation waren 39 von 4o Kindern klinisch unauffällig.

Herrn Professor Dr. Dr. h. c. J. Ströder danke ich für die überaus freundliche Überlassung des Arbeitsplatzes und die Übernahme des Korreferates.

Herrn Professor Dr. K. Sandhage möchte ich für die Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates besonders danken.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

001. ADAMS, F.H.; FORSYTH, W.B.:
The effect of surgery on the growth of patients with patent ductus arteriosus.
The Journal of Pediatrics, 39: 330 (1951)

002. ADAMS, F.H.; DIEHL, A.; JORGENS, J.:
Right heart catheterization in patent ductus arteriosus an aortic-pulmonary septal defect.
The Journal of Pediatrics, 40: 49 (1952)

003. ALLAN, F.D.:
The innervation of the human ductus arteriosus.
Anatomical Record, 122: 611 (1955)

004. ALZAMORA-CASTRO, V.; BATTILANA, G.; ABUGATTAS, R.; SIALER, S.:
Patent ductus arteriosus and high altitude.
American Journal of Cardiology, 5: 761 (1960)

005. ASH, R.; FISCHER, D.:
Manifestation and results of treatment of patent ductus arteriosus in infancy and childhood. An analysis of 138 cases.
Pediatrics, 16: 695 (1955)

006. BARGMANN, W.; DÖRR, W.:
Das Herz des Menschen.
Band I und II
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1963)

oo7. BAYER, L. M.; ROBINSON, S. J.:
Growth history of children with congenital heart defects.
American Journal of Disease of Children, 117: 564 (1969)

oo8. BENN, J.:
The prognosis of patent ductus arteriosus.
British Heart Journal, 9: 283 (1947)

oo9. BERGMANN, G. V.; FREY, W.; SCHWIEGK, H. (Herausgeber):
Handbuch der Inneren Medizin.
Vierte Auflage, neunter Band, dritter Teil
Springer Verlag, Berlin (196o)

o1o. BICKFORD, B. J.:
Surgical aspects of patent ductus arteriosus.
A review of 228 cases.
Archives of Disease in Childhood, 35: 92 (196o)

o11. BLALOCK, A.:
Operative closure of the patent ductus arteriosus.
Surgery, Gynecology and Obstetrics, 82: 113 (1964)

o12. BÖRGER, H. H.:
EKG-Information.
Steinkopf Verlag, Darmstadt (1974)

o13. BRODEUR, A. E.:
Radiologic diagnosis in infants and children.
CV Mosby Company, St. Louis (1965)

o14. CAVALLI-SFORZA, L.:
Biometrie. Grundzüge biologisch-medizinischer Statistik.
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (1972)

o15. CLATWORTHY, H.W.; McDONALD, V.G. Jr.:
Optimum age for surgical closure of patent ductus arteriosus.
Journal of the American Medical Association, 167: 444 (1958)

o16. CRAFORD, C.:
Recurrence of patent ductus arteriosus after division.
Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 16: 322 (1947)

o17. COSH, J.A.:
Patent ductus arteriosus: a follow-up study of 73 cases.
British Heart Journal, 19: 13 (1957)

o18. DAS, B.K.; TANDON, R.; TALWAR, J.R.; POPINATH, N.; ROYSS, B.:
Clinical profile of hypertensive ductus arteriosus and result of surgery.
Indian Heart Journal, 26: 297-3oo (1974)

o19. DAWES, G.S.; MOTT, J.C.; WIDDICOMBE, J.C.:
The patency of the ductus arteriosus in newborn lambs and its physiological consequences.
Journal of Physiology, 128: 361 (1955)

o2o. DEXTER, L.; DOW, J.W.; HAYNES, F.W.; WHITTENBERGER, J.L.; FERRIES, B.G.; GOODALE, W.F.; HELLEMS, H.K.:
Studies of the pulmonary circulation in man at rest. Normal variations at the interrelations between increased pulmonary blood flow, elevated pulmonary arterial pressure and high pulmonary "capillary" pressures.
Journal of Clinical Investigation, 29: 6o2 (195o)

o21. EDMUNDS, L.H. Jr.; GREGORY, G.A.; HEYMANN, M.A.; KITTERMANN, J.A.; RUDOLPH, A.M.; TOOLEY, W.H.:
Surgical closure of the patent ductus arteriosus in premature infants.
Circulation, 48: 856-63 (1973)

o22. EDWARDS, J.E.; CAREY, L.S.; NEUFELD, H.N.; LESTER, R.G.:
Congenital heart disease.
Volume I and II
WB Saunders Company, Philadelphia and London (1965)

o23. EKSTRÖM, G.:
The surgical treatment of patent ductus arteriosus. A clinical study of 29o cases.
Acta Chirurgica Scandinavica Suppl., 169 (1952)

o24. ELSEED, A.M.; SHINEBOURNE, E.A.; PANETH, M.:
Manifestation of juxtaductual coarctation of the patent ductus arteriosus in infancy.
British heart Journal, 36: 687-92 (1974)

o25. ENGLE, M. A. :
Cardiovascular malformations in association with chromosomal aberrations.
Pediatric Cardiology, p. 688 (1968)

o26. ENGLE, M. A. ; HOLSWADE, G. R. ; GOLDBERG, H. P. ; GLENN, F. :
Present problems pertaining to patency of the ductus arteriosus. I. Persistency of growth retardation after successful surgery.
Pedatrics, 21: 7o (1958)

o27. EPPINGER, E. C. ; BURWELL, C. S. ; GROSS, R. E. :
The effects of the patent ductus arteriosus on the circulation.
Journal of Clinical Investigation, 2o: 127 (1941)

o28. EVANS, D. W. ; HEATH, D. :
Disappearance of the continuous murmur in a case of patent ductus arteriosus.
British Heart Journal, 23: 469 (1961)

o29. FANCONI. G. ; WALLGREN, A. :
Lehrbuch der Pädiatrie.
9. Auflage
Schwabe und Co., Basel-Stuttgart (1972)

o3o. FASCHING, W. ; HELMER, F. ; WICKE, L. ; WIMMER, M. :
Die chirurgische Behandlung angeborener Herzfehler bei Neugeborenen und Säuglingen.
Wiener klinische Wochenschrift, 85: 818-22 (1973)

o31. FEINDT, A. ; HANSEN, M. ; STAPENHOERTS, K. :
In welchem Alter soll ein Ductus Botalli operiert werden ?
Medizinische Welt, 24: 1954 (1973)

o32. FELDT, R. H. ; STRICKLER, G. B. ; WEIDMANN, W. H. :
Growth of children with congenital heart disease.
American Journal of Disease of Children, 117: 573 (1969)

o33. FOURATI, M. ; SAHNOUN, Y. ; BEN YOUNES, M. R. :
Chirurgie de la persistance du canal artérial.
La Tunisie Médicale, 51: 337-42 (1973)

o34. FRANKE, H. :
Manuskript und Vortrag.
2. Auflage
Thieme Verlag, Stuttgart (1969)

o35. FREY, E. K. ; KUETGENS, G. :
Der persistierende Ductus arteriosus Botalli.
Chirurgie des Herzens, 2. Auflage
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart (1956)

o36. GAMMELGARD, A. ; SOLEM, G. ; THERKELEN, F. ; BOESEN, I. :
Late results of operation for patent ductus arteriosus in infants, especially those with pulmonary hypertension.
Journal of Cardiovascular Surgery, 6: 54 (1965)

o37. GAY, J. H.; DAILY, W. J. R.; MEYER, B. H. P.; TRUMP, D. S.; CLOUD, D. T.; MOLTHAN, M. E.:
Ligation for the patent ductus arteriosus in premature infants: Report of 15 cases.
Journal of Pediatric Surgery, 8: 677-87 (1973)

o38. GERSONY, W. M.; KRONGARD, E.:
Evaluation and management of patients after surgical repair of congenital heart disease.
Progress in Cardiovascular Disease, 18: 39-56 (1975)

o39. GILCHRIST, A. R.:
Patent ductus arteriosus and its surgical treatment.
British Heart Journal, 7: 1 (1945)

o4o. GRAHAM, G. R.; BONHARN-CARTER, R. E.; WATERSTON, D. J.; ABERDEEN, E.:
Indikationen und Resultate chirugischer Behandlung angeborener Herzfehler im Säuglingsalter.
Der Chirurg, 4o: 1 (1969)

o41. GRIGORIAN, E. A.; KITAEVA, I. T.:
Remote results of surgical treatment of patent ductus arteriosus in roentgenological interpretation.
Kardiologiia, 13: 83-9 (1973)

o42. GROSS, R. E.; HUBBARD, J. P.:
Surgical ligation of a patent ductus arteriosus. Report of first successful case.
Journal of the American Medical Association, 112: 729 (1939)

o43. GROSS, R. E.; LOGINO, L. A.:
The patent ductus arteriosus. Observations from 412 surgical treated cases.
Circulation, 3: 125 (1951)

o44. GROSS, R. E.:
The patent ductus arteriosus. Observations on diagnosis and therapy in 525 surgically treated cases.
American Journal of Medicine, 12: 472 (1952)

o45. GROVER, R. F.; SWAN II, H.; MAASKE, C. A.:
Pressure changes in the pulmonary artery and aorta before and after ligation of the patent ductus arteriosus.
Federation Proceedings, 8: 63 (1949)

o46. HALLIDAY, H. L.:
Indomethacin therapy for large patent ductus arteriosus in the very low birth weight infant: results and complications.
Pediatrics, 64 (2): 154-9 (1979)

o47. HAY, J. D.; WARD, O. C.:
Patent ductus arteriosus - a review of 1o8 cases treated surgically.
Archives of Disease in Childhood, 31: 279 (1956)

o48. HAZAN, E.; LESSANA, A.; PARROT, A. M.:
La chirurgie cardiaque dans le premier mois de la vie. Etude d'une serie de 1oo cas consecutifs.
Nouvelle Presse Medicale, 3: 1135-8 (1974)

o49. HOCHHAUS, H.:
Über das Offenbleiben des Ductus Botalli.
Deutsches Archiv für klinische Medizin, 51: 1 (1893)

o5o. HOCKERTS, T.:
Indikation zur Operation des Ductus Botalli im Säuglingsalter und Kleinkindesalter.
Monatsschrift für Kinderheilkunde, 117. Band, Heft 4 (1969)

o51. HORSLEY, B. L.; LERBERG, D. B.; ALLEN, A. C.; ZUBERBUHLER, S. R.; BAHNSON, H. T.:
Respiratory distress from patent ductus arteriosus in premature infants.
Review of Surgery, 3o: 371-2 (1973)

o52. HUSE, D. M.; FELDT, R. H.; NELSON, R. A.; NOVAK, L. P.:
Infants with congenital heart disease.
American Journal of Disease of Children, 129: 65 (1975)

o53. INOUE, T.; SHOTSU, A.; KAWADA, K.; TAKIZAWA, H.; SOMA, Y.:
Surgical treatment of vascular ring.
Japanese Journal of Surgery, 2: 21-9 (1972)

o54. KROVETZ, L. J.; WARDEN, H. E.:
Patent ductus arteriosus. An analysis of 515 surgically proved cases.
Disease of the Chest, 42: 46 (1962)

o55. KROVETZ, L.J.:
Weight gain in children with patent ductus arteriosus.
Disease of the Chest, 44: 274-283 (1963)

o56. KILLMAN, J.; KAKOS, G.S.; WILLIAMS, T.E.Jr.; CRAENEN Jr.; HOSIER, D.M.:
Ligation of patent ductus arteriosus for persistent respiratory distress syndrome in premature infants.
Journal of Pediatric Surgery, 9: 277-81 (1974)

o57. KEITH, J.D.; ROWE, R.D.; VLAD, P.:
Heart disease in infancy and childhood.
Collier-Macmillian Limited, London (1967)

o58. KOROLEV, B.A.; OKHOTIN, I.K.; BELOUSOV, I.U.V.:
Surgical treatment of patent ductus arteriosus.
Kardiologiia, 15: 83-8 (1975)

o59. LARMI, T.; KAERKOELAE, P.; HEIKKINEN, E.:
Cardiac surgery at OULU University Hospital in the decade 1964 - 1973.
Annales Chirurgiae et Gynecologiae Fenniae, 63: 258-64 (1974)

o6o. DE LEVAL, M.; STARK, J.:
Open heart surgery in the first year of life.
Acta Chirurgica Belgica, 73: 554-62 (1974)

o61. LEWIS, C.E. Jr.; COEN, R.W.; TALBOT, W.; EDWARDS, W.:
Early surgical intervention in premature infants with respirators distress and patent ductus arteriosus.
American Journal of Surgery, 128: 829-34 (1974)

o62. LIND, J.; WEGELIUS, C.:
Human fetal circulation changes in the cardiovascular system at birth and disturbances in the postnatal closure of the foramen ovale and ductus arteriosus.
Cild Spring Harbor Symposium, Quant. Biol., 19: 1o9 (1954)

o63. LINDE, L. M.; DUNN, O. J.; SCHIRESON, R.; RASOF, B.:
Growth with children with congenital heart disease. Part I.
Journal of Pediatrics, 7o: (Nr. 3) 413-19 (1967)

o64. LINDE, L. M.; ADAMS, F. H.; ROZANSKY, G. I.:
Physical and emotional aspects of congenital heart disease in children.
American Journal of Cardiology, 27: 712 (1971)

o65. LUCHT, U.; SØNDERGAARD, T.:
Late results of operation for patent ductus arteriosus.
Scandinavian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 5: 223 (1971)

o66. LYNXWYLER, C. P.; WELLS, C. R. E.:
Patent ductus arteriosus. A report of 18o operations.
Southern Medical Journal, 43: 61 (195o)

o67. MESSERLI, F. H.; DE SEPIBUS, G.; WEBER, J. W.; GURTNER, H. P.:
Quantitative Evaluation des links-rechts Shunts mit Farbstoffverdünnungsmethode.
Zeitschrift für Kardiologie, 63: 56o-73 (1974)

o68. MURPHY, D. A.; OUTERBRIDGE, E.; STERN, L.; KARN, G. M.; JEGIER, W.; ROSALES, J.:
Management of premature infants with patent ductus arteriosus.
Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 67: 221-8 (1974)

o69. NADAS, A. S.:
Pediatric Cardiology.
WB Saunders Company, Philadelphia and London (1964)

o71. OCHS, H.; SCHAEDE, A.:
Letter: Aetiology of patent ductus arteriosus.
Lancet, 1: 693 (1975)

o72. OTSUBO, M.; AMAKO, H.; NISHIMURA, M.; AKITA, H.:
Results of operation for patent ductus arteriosus with special reference to multible suture ligation method.
Acta medica, 44: 181-7 (1974)

o73. OPHERK, D.; BOTH, A.; HAERTEN, K.; LOOGEN, F.:
Postoperativer Verlauf bei VSD und PDA mit pulmonaler Hypertonie.
Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Kreislaufforschung, 4o: 467-9 (1974)

o74. PANAGOUPOULOS, P. G.; TATOOLES, C. J.; ABERDEEN, E.; WATERSTON, D. J.; CARTER, R. E. B.:
Patent ductus arteriosus in infants and children: a review of 936 operations.
Thorax, 26: 137 (1971)

o75. PETRUNINA, L. I. :
Medical rehabilitation of children and adolescents after surgical correction of congenital heart defects of the "pale" type.
Pediatriia, 1o: 79-81 (1978)

o76. REAL, F. :
Pädiatrische Kardiologie.
Praxis, 63: 22o-4 (1974)

o77. REID, J. M. ; STEVENSON, J. G. ; COLEMAN, E. N. ; BARCLAY, R. S. ; WELSH, T. M. ; FYFE, W. M. ; INALL, J. A. :
Moderate to severe pulmonary hypertension accompaning patent ductus arteriosus.
British Heart Journal, 26: 6oo (1964)

o78. ROBINSON, S. J. ; BAYER, L. M. :
Growth history of children with congenital heart defect. I. Effect of operative intervention.
Child Development, 3o7-14 (1969)

o79. ROSENTHAL, A. ; CASTANEDA, A. R. :
Growth and developement after cardiovascular surgery in infants and childhood.
Progress in Cardiovascular Disease, 18: 27-37 (1975)

o8o. ROTHLIN, M. ; SCHOLER, Y. :
Die Prognose angeborener Herzfehler.
Praxis, 63: 225 (1974)

o81. SATO, K.; FUJINO, M.; KOZUKA, T.; NAITO, Y.; KITAMURA, S.; NAKANO, S.; OHYAMA, C.; KAWASHIMA, Y.:
Transfemoral plug closure of patent ductus arteriosus. Experiences in 61 consecutive cases treated without thoracotomie.
Circulation, 51: 337-41 (1975)

o82. SAWAGUCHI, S.; TSUNEMOTO, M.; AKIYAMA, Y.; ISHII, K.; HORI, T.:
Treatment of neonatal respiratory insufficiency associated with patent ductus arteriosus resulting in labor pulmonary emphysema.
Journal of Japanese Association for Thoracic Surgery, 21: 292-4 (1973)

o83. SCHMIDT, F.:
Pädiatrische Radiologie.
Band II
Springer Verlag, Berlin (1973)

o84. SCHWARZ, H.:
Herzchirurgie beim Säugling und Kleinkind.
Springer Verlag, Berlin (1968)

o85. SHAPIRO, M. J.; KEYS, A.:
The prognosis of untreated patent ductus arteriosus and the result of surgical intervention: a clinical series of 5o cases and an analysis of 139 operations.
American Journal of the Medical Science, 2o6: 174 (1943)

o86. SHAPIRO, M. J. ; JOHNSON, E. :
Results of surgery in the patent ductus arteriosus.
American Heart Journal, 33: 725 (1945)

o87. SIDARENKO, L. N. ; BENDET, I. A. A. ; ZIN'KOVSKI'I, M. F. ; KOGOSOV, I. U. A. ; MOKHNIUK, I. U. N. :
Surgical treatment of congenital heart defects.
Klinicheskaia Khirurgiia, 11: 13-9 (1973)

o88. SIEGENTHALER, W. :
Klinische Pathophysiologie.
2. Auflage
Thieme Verlag, Stuttgart (1973)

o89. SOKØL, S. ; NARKIEWICZ, M. ; MALECKADYMNICKA, S. ; JUNGOWSKA, A. :
Review of 1oo children operated upon for patent ductus arteriosus.
Polski Przeglad Chirurgiczny, 4o: 289-96 (1968)

o9o. STRANGWAY, A. ; FOWLER, R. ; CUNNINGHAM, K. ; HAMILTON, J. :
Diet and growth in congenital heart disease.
Pediatrics, Vol. - 57 No. 1 (1976)

o91. SOUINNEN, P. :
Physical growth of children with congenital heart disease.
Acta Paediatrica Scandinavica, 225 (suppl.): 1 (1971)

o92. TAKAMIYA, M.:
Closure of ductus arteriosus with thoracotomie (Porstmann's method).
Japanese Journal of Thoracic Surgery, 26: 749-55 (1973)

o93. TAKATSU, T.; KITAURA, Y.:
Persistent ductus arteriosus - differential diagnosis and surgical indication.
Japanese Journal of Clinical Medicine, 31: 3532-41 (1973)

o94. TAUSSIG, H. B.:
Congenital malformations of the heart.
Volume I and II.
The Commonwealth Fund, Boston (1947)

o95. TAYLOR, B. E.; POLLACK, A. A.; BURCHELL, H. B.; CLAGETT, O. T.; WOOD, E. H.:
Studies of the pulnomary and arterial pressure in cases of patent ductus arteriosus with special reference to effects of surgical closure.
Journal of Clinical Investigation, 29: 745 (195o)

o96. TIKOFF, G.; KUIDA, H.:
Pathophysiology of heart failure in congenital heart disease.
Modern Concepts of Cardiovascular Disease, 41: 1-6 (1972)

o97. UMANSKY, R.; HAUCK, A.:
Factors in the growth of children with patent ductus arteriosus.
Pediatrics, 3o: 54o (1962)

o98. WATSON, H.:
Pediatric Cardiology.
CV Mosby Company, St. Louis (1968)

o99. WATSON, H.:
The early detection of congenital malformations of the heart.
British Heart Journal, 34: 37 (1972)

1oo. WHITEMAN, V.; DROTAR, D.; LAMBERT, S.; VAN HEECKEREN, D. W.; BORKAT, G.; ANKENEY, J.; LIEBEMAN, J.:
Effects of cardiac surgery with extrapectoral circulation on intellectual function in children.
Circulation, 48: 16o-3 (1973)

1o1. ZACHMAN, R. D.; STEIMETZ, G. P.; BOTHAM, R. J.; GRAVEN, S. N.; LEDBETTER, M. K.:
Incidence and treatment of the patent ductus arteriosus in the ill premature neonate.
American Heart Journal, 87: 697-7o3 (1974)

LEBENSLAUF

Am 22. September 1952 wurde ich als drittes Kind des Diplom-Braumeisters Georg Hiernickel und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Hohenberger, in Bamberg geboren.

Von 1959 bis 1963 besuchte ich die Volksschule in Haßfurt, von 1963 bis 1972 das mathematisch-naturwissenschaftliche Gymnasium ebenfalls in Haßfurt.

Im Wintersemester 1972/73 begann ich an der Julius-Maximilians-Universität in Würzburg das Studium Humanmedizin. Im Sommer 1974 bestand ich das Physikum, im Sommer 1975 den ersten Teil, im Sommer 1977 den zweiten Teil und im Herbst 1978 den dritten Teil der Ärztlichen Prüfung.

Vom Januar 1979 bis Februar 198o leistete ich meinen Grundwehrdienst als Stabsarzt ab. Seit Februar 198o befinde ich mich in der Facharztausbildung an der Universitäts-Hautklinik Köln.

Würzburg, den 16. Dezember 198o

Hans Hiernickel